

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ  
UNIVERZITA OSTRAVA

---

FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra dopravního stavitelství



Zlepšení parametrů zemního tělesa pomocí geomříží  
Improving of Embankment Parameters by Using of  
Geogrids

Zpracoval:

David Haleš

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

---

OSTRAVA 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**David Haleš**

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3647R020 Dopravní stavby

Téma:

Zlepšení parametrů zemního tělesa pomocí geomříží  
Improving of Embankment Parameters by Using of Geogrids

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce student vypracuje zejména:

1. Úvod, definice řešené problematiky
2. Vývoj geomříží jako prostředek pro zlepšení vlastností zemin, zkušenosti z ČR a zahraničí
3. Zhodnocení užití geomříží v násypch pozemních komunikací pomocí modelování
4. Vyhodnocení dosažených výsledků
5. Závěr

Rozsah grafických prací a modelování: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah textové části: dle pokynů vedoucího práce a Směrnice děkanky č.7/2011

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN P ENV 1997-3 EUROKÓD 7 - Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla  
ČSN 73 1001 1987- Základová půda pod plošnými základy


Dle potřeby další odborná literatura u vedoucího bakalářské práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

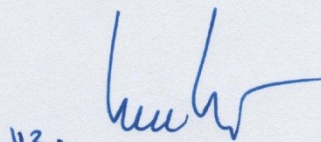
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.**

Datum zadání: 31. 10. 2011

Datum odevzdání: 30. 04. 2012



doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.  
děkanka fakulty

### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Denisy Cihlářové, Ph.D. a použil jsem pouze zdroje uvedené v práci.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

## PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

## ANOTACE

Tato práce se zabývá zlepšováním zemního tělesa pomocí geosyntetických materiálů převážně geomříží.

Úkolem této práce je také představit vývoj geomříží, jejich základní vlastnosti, rozdělení dle působení a funkce.

Dalším bodem je uvedení jednotlivých zkušeností s použitím geomříží z ČR a ze zahraničí. Ukázky jsou z dopravních staveb především z násypů nebo vysokých svahů, tak i z opěrných zdí a asfaltových vozovek.

V posledním bodu jsem měl celkově zhodnotit užití geomříží podle modelování. Pro modelování jsem si vybral program PLAXIS. Vytvořil jsem si 4 m násyp s geomříží a do podloží jsem vložil 2 ks geomříží. Porovnáváním jednotlivých variant jsem mohl zhodnotit použití geomříží.

**Klíčová slova:** geomříž, geosyntetika, zlepšení zemního tělesa, násyp, plaxis

## ANNOTATION

This work deals with improving ground object using geosynthetic materials mainly geogrid.

The task of this paper is to present the development of geogrids, their basic properties, separation by action and function.

Another task is putting the experience of using geogrid from the CR and abroad. Samples are mainly from the civil ingeniering, high embankments or slopes, retaining walls and asphalt pavements.

The last task is final evaluation by modeling the use of geogrid. I chose modeling program PLAXIS. I created a 4 m embankment with geogrids and soil, I put 2 pieces of geogrid. By comparing different alternatives I could use to evaluate the geogrid.

**Keywords:** geogrid, geosynthetic, improving ground object, embankment, plaxis

## **Obsah**

1	Úvod .....	1
2	Vývoj geomříží a zkušenosti z ČR a ze zahraničí .....	1
2.1	Vývoj geomříží jako prostředek pro zlepšení vlastností zemin .....	1
2.2	Průlom v technologii výroby a uvedení geomříží Tensar TriAx .....	3
2.3	Způsob interakce mezi geomříží a zásypovým materiálem .....	6
2.4	Základní vlastnosti geomříží a rozdělení .....	11
2.4.1	Charakteristika geomříží .....	11
2.4.2	Rozdělení geomříží .....	12
2.4.3	Rozdíl mezi geomříží a geotextilií .....	18
2.5	Zkušenosti s geomřížemi z ČR a ze zahraničí .....	20
2.5.1	Opěrné stěny – R1 Žiar nad Hronom .....	20
2.5.2	Vysoké násypy - D11 Libice-Dobšice .....	21
2.5.3	Cyklistická stezka Prášily - Srní .....	22
2.5.4	Vyztužení asfaltového krytu D5 – Rudná .....	24
3	Zhodnocení užití geomříží v násypech pozemních komunikací pomocí modelování .....	26
3.1	Představení programu PLAXIS .....	26
3.2	Vstupní parametry matematického modelu .....	27
3.2.1	Matematický model .....	27
3.2.2	Charakteristika materiálu .....	28
3.3	Výpočetní fáze modelu .....	28
3.3.1	Návrh a vytvoření jednotlivých fází modelu .....	28
3.3.2	Vložení fází do „ kalkulačky “ programu .....	30
4	Vyhodnocení výsledků .....	31
5	Závěr .....	34
6	Citace .....	34
7	Přílohy .....	34
	Poděkování .....	42

# **1 ÚVOD**

Současným trendem vzrůstajících intenzit dopravy a snižování velikosti prostoru pro stavbu vysokých násypů je třeba začít používat progresivní stavební konstrukce a jakékoliv vyztužování svahů k tomu určitě patří. Chceme-li navrhnout trasu silniční komunikace na území se složitou morfologií, je třeba budovat násypy zemního tělesa s vysokými prostorovými i materiálovými nároky. Optimálním řešením tohoto problému je použití druhotných materiálů s využitím vhodných geokompozitů. Tímto způsobem můžeme získat velmi dobře vyztužený svah (násyp), který je stabilní a plně funkční. Velká výhoda této technologii spočívá také v rovnoměrnosti sedání u vysokých svahů, odolnost proti vodní erozi, snížení objemů prací a přesunu hmot. Poslední výhodou této technologie je ve využití i při zakládání na velmi složitém podloží.

## **2 VÝVOJ GEOMŘÍŽÍ JAKO PROSTŘEDEK PRO ZLEPŠENÍ VLASTNOSTÍ ZEMIN, ZKUŠENOSTI Z ČR A ZAHRANIČÍ**

### **2.1 VÝVOJ GEOMŘÍŽÍ JAKO PROSTŘEDEK PRO ZLEPŠENÍ VLASTNOSTÍ ZEMIN**

První zmínka o geomřížích pochází z 50. let minulého století. Od té doby prošly řadou změn a různých vylepšení. Geomříže procházely obměnami od geomříží extrudovaných až ke geomřížím monolitických.

Geomřížím jak je známe dnes se věnoval Dr. Brian Mercer, který procházel z rodiny věnující se textilnímu průmyslu. Měl k tomu tedy velmi blízko a vyvinul technologický proces s názvem Netlon. Tato technologie extrudovala plastickou hmotu do tvaru sítě jen v jednom kroku. V roce 1959 založil firmu Netlon Ltd. a výrobek začal prezentovat do světa. Jeho výrobní proces byl licencován v mnoha zemích a vydal dalších 28 patentů na zlepšení kvality geomříží a zrychlení výroby. [1]

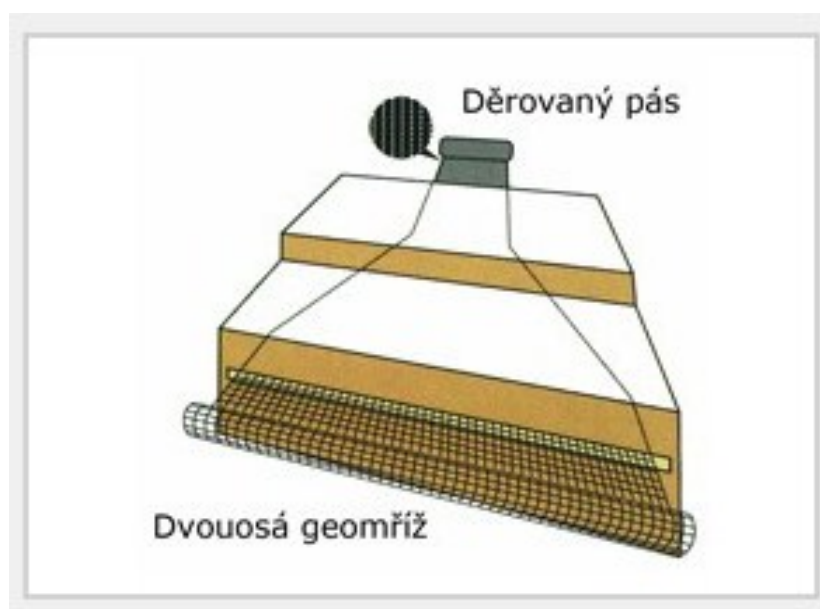




Obrázek č. 1 : Výrobky společnosti Netlon [1]

Dnes jsou jeho výrobky používány v celém světě v zahradnictví, zemědělství a hlavně pro zemní stabilizaci při inženýrské výstavbě. V důsledku zvýšení ceny ropy a ropných produktů bylo třeba zlepšit zpracování a výrobu surového polymerického materiálu a zvýšit rovinnou tuhost geomříže. Dr. Mercer tedy vyvinul a patentoval novou metodu výroby. Výroba byla prováděna tak, že pláty polymerů byly děrovány podél děr a potom byly natahovány do dvou kolmých směrů. - viz obrázek č. 2

Tímto způsobem vznikla tuhá polymerní geomříž bez spojování jednotlivých částí a elementů. Nové výrobky byly uvedeny na trh v roce 1982 a s jednoznačně větší účinnosti při mechanické stabilizaci rychle nahradily předchozí typy sítí a geomříží. [1]



Obrázek č. 2 : Výrobní proces tuhých polymerních geomříží [1]

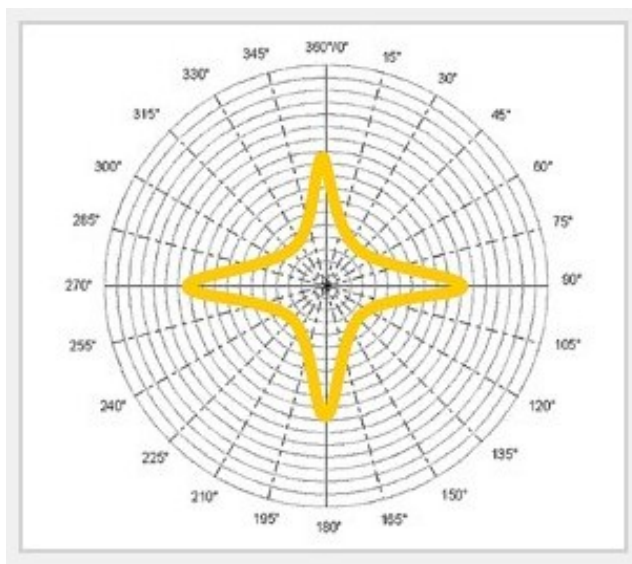
Tato forma geomříží je charakteristická monolitickou strukturou, vyrobenou z jednotlivých plátů, s integrálními spoji a molekulárně orientovanými žebry. Za posledních



30 let se tato metoda nezměnila, nebo se zlepšila jen minimálně. V dnešní době se pouze zdokonaluje tvar geomříže v závislosti na nových poznatcích a zkušenostech.

Dle zkušeností a průzkumů bylo zjištěno, že na účinnost geomříže mají vliv i jiné charakteristiky než jen pevnost v tahu, která byla do té doby upřednostňována a vyzdvihována. Jedná se hlavně o tuhost otvoru, pevnosti jednotlivých spojů, tloušťka vrstvy a tvar žebra geomříže.

Co se týká tvaru oka geomříže měla by být čtvercová, proto je tuhost soustředěna do dvou směrů (podélného a příčného). Tuhost je tedy vázána na směr žeber. - viz. obrázek č. 3



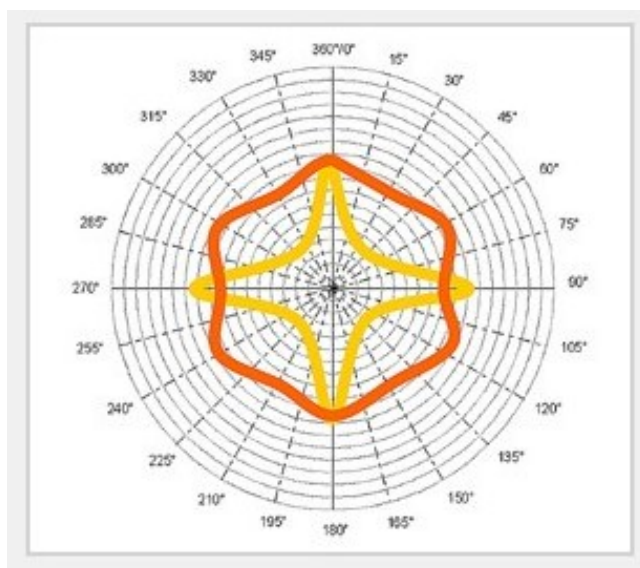
Obrázek č. 3 : Polární diagram tuhosti dvouosé geomříže [1]

## 2.2 PRŮLOM V TECHNOLOGII VÝROBY A UVEDENÍ GEOMŘÍŽÍ TENSAR TriAx

Průlom v technologii geomříží bylo dosaženo v roce 2007, kdy byla vynalezena trojúhelníková geomříž Tensar TriAx. Díky originálního tvaru a jiných vlastností představuje lepší mechanickou stabilizaci. Rozsáhlé testování prokázalo, že nový tvar ok dává geomříží všestranné vlastnosti tedy i všestrannou (radiální) tuhost. - viz. obrázek č. 4

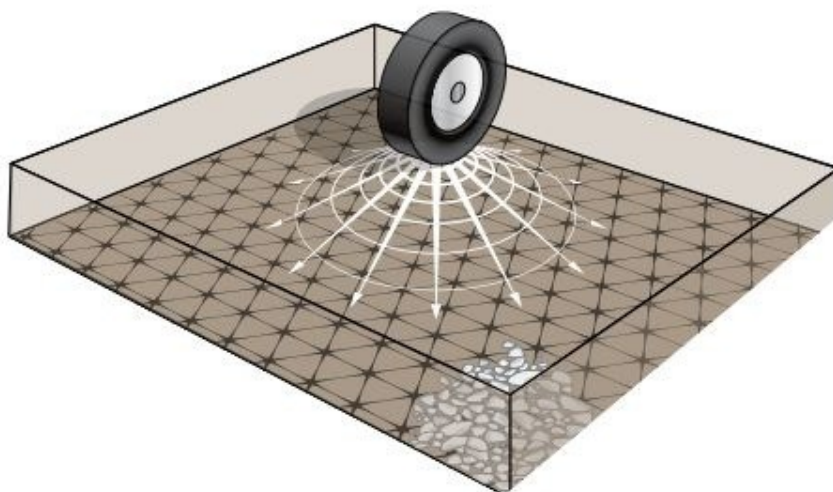
Firma Tensar diametrálně změnila konstrukci svých geomříží a vytvořila tak nový výrobek. Tensar TriAx neměla v té době ve světě obdoby a je vyvrcholem svého vývoje.

Vyrábí se pomocí nové technologie, kde základem je děrovaný polymerní plát, který je natahován do konečného tvaru. [1] [2]

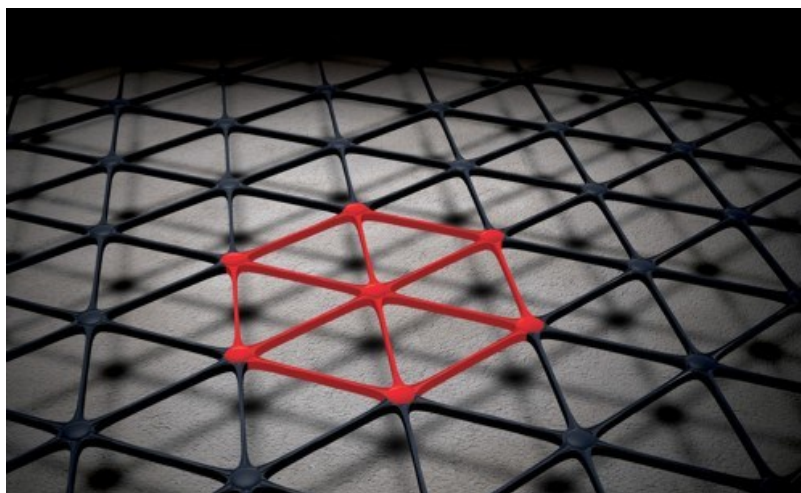


Obrázek č. 4 : Polární diagram tuhosti dvouosé geomříže a Tensar TriAx [1]

Geomříže Tensar TriAx se považují za neúčinnější metodu stabilizace podkladních konstrukčních vrstev komunikací a dopravních ploch. Roznos zatížení u této geomříže je stejný jako v přírodě, tedy trojrozměrný a působí po celé konstrukční výšce vrstvy kameniva. Je zajištěna dostatečná všesměrná 360 ° tuhost pro potřebné zatížení. - viz. obrázek č. 5



Obrázek č. 5 : Všesměrný roznos zatížení u geomříže TriAx [3]



Obrázek č. 6 : Všesměrný roznos zatížení u geomříže TriAx [2]

TriAx geomříže jsou vzájemně spojeny ve třech směrech. Vychází to z trojúhelníkového tvaru a jeho tahové tuhosti ve třech směrech. Byla prováděny podrobné testy a bylo prokázáno, že pevnost spoje je shodná s pevností žebra. Je tedy zajištěna 100 % účinnost takového spoje. Rozsáhlý výzkum dvouosých geomříží zajistil hlavní a klíčové vlastnosti pro výrobu odlišných tvarů ok geomříží. Mezi hlavní vlastnosti patří profil žebra (obrázek č. 7 ), tuhost žebra, účinnost spoje, velikost oka (viz. obrázek č. 6) a zejména rovinný tuhost.

TriAx jsou navrženy s vyššími žebry a konkávním profilem pro účinnější omezení pohybu. Byla provedena celá řada dopravních testů a analytických výpočtů. Při porovnání těchto testovaných geomříží s různými výškami žebra, dosahovaly lepších výsledků geomříže s vyšším žebrem. - viz. obrázek č. 7 a 8



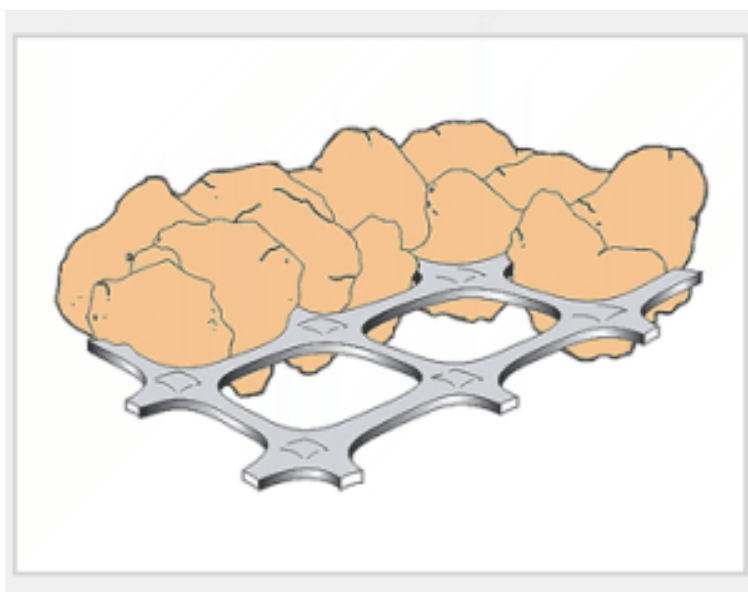
Obrázek č. 7: Příčný profil žebra geomříže Tensar TriAx [1] [6]



Obrázek č. 8 : Příčný profil žebra geomříže Tensar TriAx [1] [6]

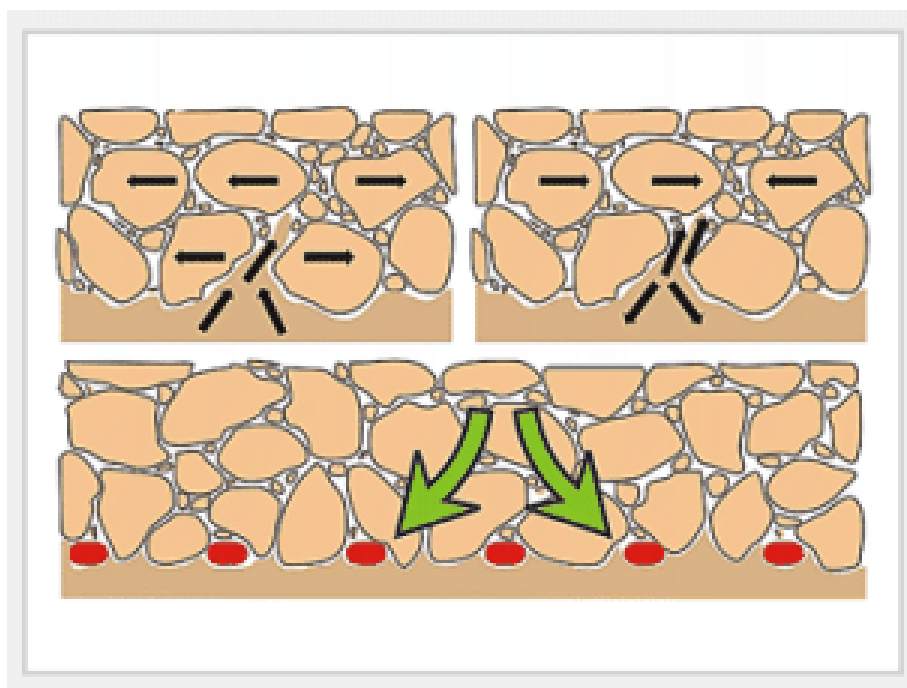
## 2.3 ZPŮSOB INTERAKCE MEZI GEOMŘÍŽÍ A ZÁSYPOVÝM MATERIÁLEM

V mechanicky zpevněné zemině se zrna kameniva zaklíní (zazubí) do otvorů geomříže a jejich posun a pohyb je velmi omezen. Toto spolupůsobení vytváří stabilizovanou vrstvu s vylepšenými parametry. Horizontální smykové napětí, které působí na geomříž se tedy nepřenáší pouhým třením, jak je to u geotextilií, ale pomocí interakce (spolupůsobení) mezi zeminou a geomříží. [3] - viz. obrázek č. 9, 10, 11 a 12



Obrázek č. 9 : Interakce geomříže se zeminou [1]





Obrázek č. 10 : Interakce geomříže se zeminou [3]



Obrázek č. 11 : Reálné ukázky interakce geomříže [4]

Tvar a výška žeber geomříže, rozvrstvení a struktura TriAxu má přímý vliv na pohyb vrstev a účinnost stabilizace. Žebra tuhých geomříží jsou vyráběny s vertikálními ostrými hranami v podélném i příčném směru. Tyto hrany vytvářejí záchytné plochy pro jednotlivé zrna zeminy.



Obrázek č. 12 : Reálné ukázky interakce geomříže [4]

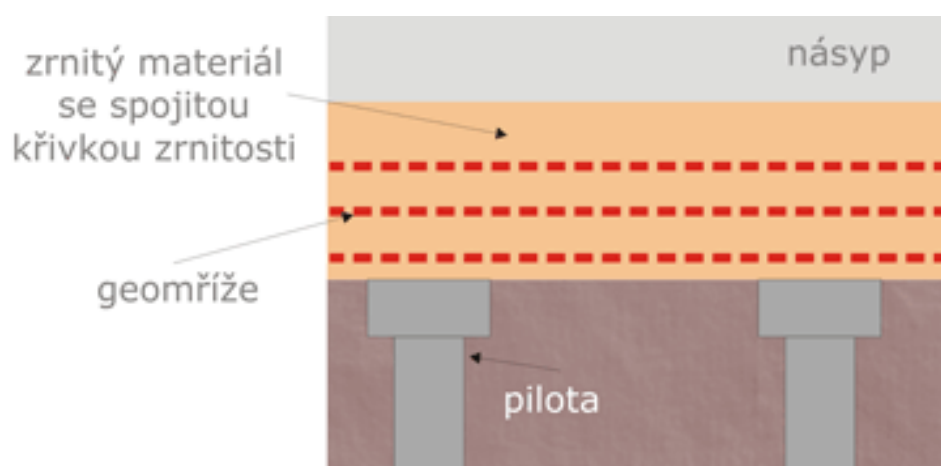
Geomříže se dají velmi dobře využít v podloží měkkém nebo zvodněném. Jedná se hlavně o bahno, rašelinu a různé navážky neznámé kvality a vlastností. V těchto případech geomříže působí jako tzv. sněžnice a poskytují okamžitou podpěru pracovníkům nebo zemině v podkladu. Díky zazubení se části materiálu dají zhutnit a zpevní vrstvy, které jsou přímo položeny na měkké podloží. [7] - viz. obrázek č. 9, 10, 11 a 12

Jsou také velmi účinné při výstavbě dočasných komunikací a to především při nevhodném podloží. Vyrábějí se čtyřmetrové pásy, které jsou ideální pro průjezd jednoho nákladního vozidla. - viz obrázek č. 13 - vyztužení kolejového lože. Doprava a manipulace s těmito rolemi geomříží je taktéž velmi jednoduchá. U některých projektů dopravních staveb, které vyžadují minimální sedání nebo není čas pro dlouhodobější sedání, výrobce doporučuje využití tzv. roznášecích platform. Tyto platformy nám spoří čas, které by jinak vyžadovalo konsolidační sedání při výstavbě násypu na nevhodném podloží. [7] [8] - viz. obrázek č. 14 a 15

Roznášecí platforma umožňuje rovnoměrný přenos zatížení z horní části konstrukce do podloží. Geomříže mobilizují maximální smykovou pevnost granulární vrstvy a vytvářejí klenbový účinek. Nedílnou součástí této platformy jsou tedy i svislé hlubinné prvky (piloty, pilíře apod.), které to zatížení přenesou do únosnějšího podloží. [8]



Obrázek č. 13 : Ukázka 4 m pásu u železnic [7]



Obrázek č. 14 : Ukázka roznášecí platformy [8]

Společně s geotextilií Tensar Basetex a její krátkodobé i dlouhodobé pevnosti ji můžeme použít také jako překrytí prázdných prostor nebo velmi nevhodných míst v podloží. Dosáhneme trvalého překrytí těchto problematických míst. Tímto způsobem také zabráníme nebezpečným deformacím, které by mohly v budoucnu způsobit katastrofu. - viz obrázek č. 16

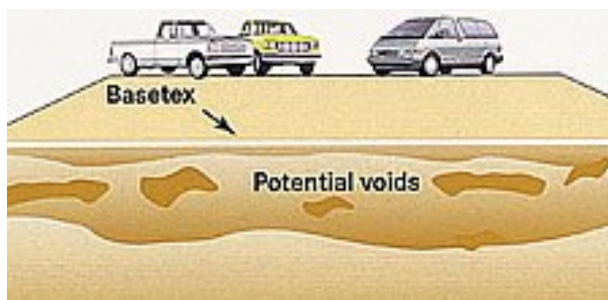
Jestliže máme problém s nerovnoměrným sedáním můžeme použít geobuňkovou strukturu. Protíná smykovou plochu a mění její sklon. Kritickým porušením obvykle bývá plastické porušení měkké vrstvy pod touto strukturou. Systém vytváří tuhý podklad s vysokou ohybovou pevností, který při podélném rozložení zátěže funguje jako polotuhá deska.



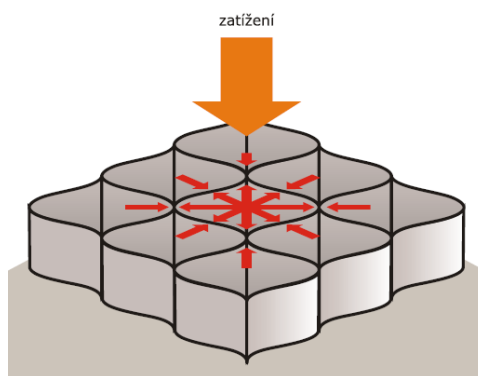
Kontaktní napětí na podloží se tak významně zmenší a tloušťku násypového materiálu, je možné snížit až na polovinu. Systém je vhodný také jako protierozní ochranný systém povrchů svahů a vodních kanálů, kde svými vlastnostmi stabilizuje a udržuje vrchní vegetační vrstvu. Geobuňková struktura zabezpečuje stabilitu tím, že má drsnou povrchovou úpravu a zvyšuje stabilitu. [15] - viz obrázek č. 17



Obrázek č. 15 : Ukázka roznášecí platformy [9]



Obrázek č. 16 : Překrývání dutin pomocí geotextilie a geomříže [10]



Obrázek č. 17 : Schéma geobuňkové struktury Tensar [15]

## 2.4 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI GEOMŘÍŽÍ A ROZDĚLENÍ

### 2.4.1 CHARAKTERISTIKA GEOMŘÍŽÍ

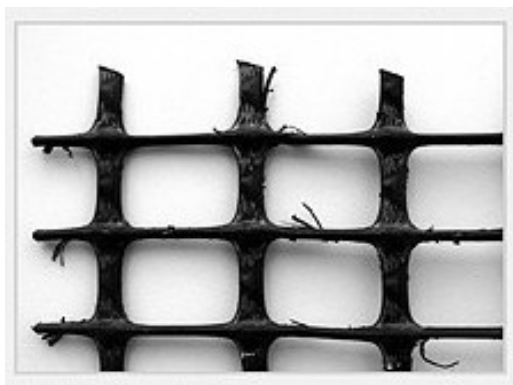
Geomříže jsou polymerní struktura mřížovitého tvaru. Jedná se materiál, který má výbornou pevnost v podélném i příčném směru. U Tensaru TriAx i ve směru třetím. Může mít čtvercové, obdélníkové nebo trojúhelníkové oka.

Vyznačují se vysokou tahovou pevností při minimální deformaci, rozměrovou stálostí a odolností proti dotvarování. Taktéž je výborná odolnost proti mechanickému namáhání, klimatickým vlivům a chemické odolnosti.

Zajišťují nám redukci zemních tlaků u opěrných zdí, pro zvýšení únosnosti a snížení deformace. Můžeme tedy použít materiál, který se nachází ve stavební oblasti. Dochází tedy k úspoře materiálu při objemu zemních prací při strmých svazích.

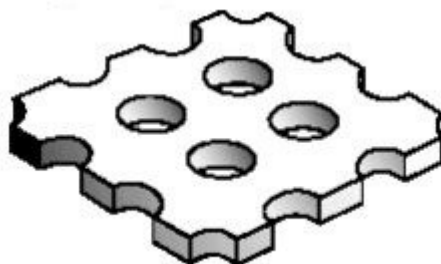
Efektivní využití geomříží využijeme zejména u opěrných zdí, při vyztužování zemního tělesa i na neúnosném podloží, zajištění a výstavba strmých svahů (až do 90°), sanace sesuvů, skládky a nádrže, využití v železničních stavbách jako výztuha spodku, mostní opěry ze zemin a nebo protihlukové stěny a valy.

Kdysi se používaly extrudované geosítě, kde konstrukčním prvkem bylo ohebné vlákno. Uspořádání vláken bylo zajištěno ve dvou rovinách. Žebra byla oválná a spojovala podélné a příčné vlákna. Tyto extrudované geosítě přinášely mnoho nedostatků a nebyly vhodné pro použití do podkladních vrstev zemin.



Obrázek č. 18 : Extrudované geosítě [11]

Firma Tensar chtěla odstranit tyto nedostatky, a proto začala vyvíjet novou technologii. Výroba začínala tím, že proděrovali ploché fólie. Začali tyto prototypy testovat a zjistili pozoruhodné vlastnosti. - viz obrázek č. 19



Obrázek č. 19 : Prototyp pro výrobu geomříží Tensar [12]

Mezi výborné vlastnosti prototypu jsou tuhá neohebná žebra, velmi vysoká pevnost i při minimálním přetvoření a spoje, které jsou součástí celého prvku geomříže.

## 2.4.2 ROZDĚLENÍ GEOMŘÍŽÍ

### Rozdělení podle způsobu výroby:

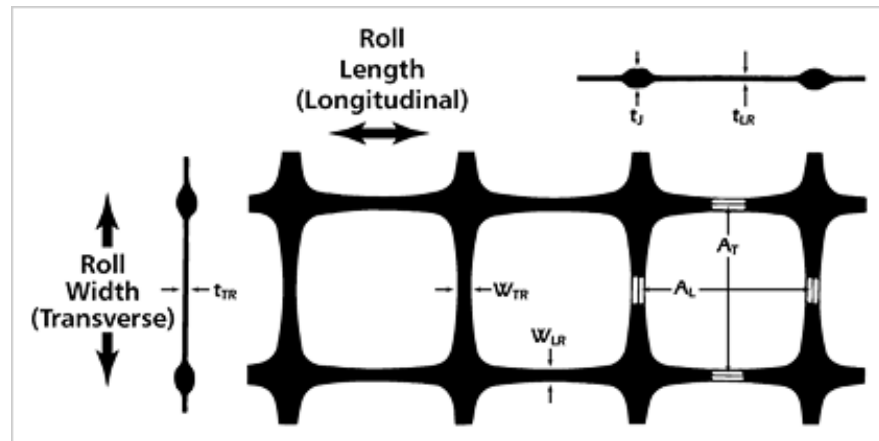
- **Jednoosé** - při výrobě dochází k usměrňování řetězců molekul polymeru jen v jednom směru. Je tedy dosaženo vysoké pevnosti jen v jednom směru. Jejich charakteristickým tvarem jsou oválné velmi dlouhé otvory. - viz obrázek č. 12 a 20
  - tyto jednoosé geomříže se využívají většinou při stabilizaci svahů



Obrázek č. 20 : Jednoosá geomříž Tensar [13]

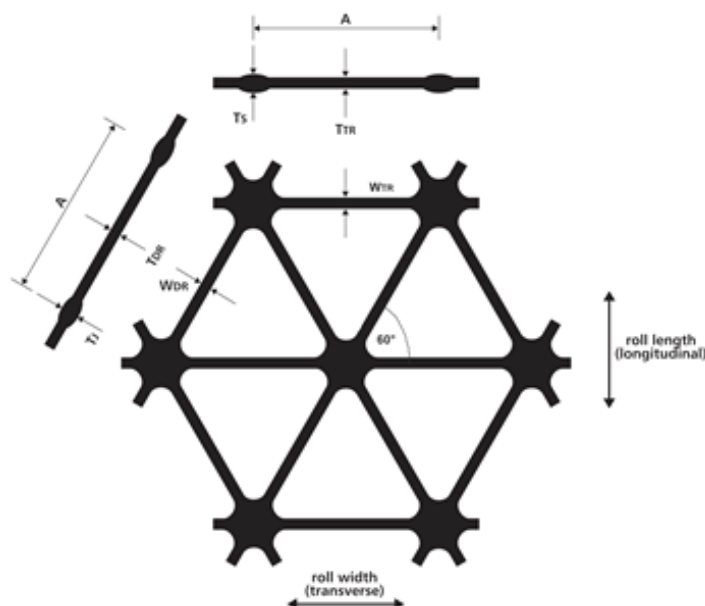
- **Dvouosé** - při výrobě také dochází k usměrňování řetězců molekul polymeru, ale ve dvou směrech. Mají čtvercová oka. - viz obrázek č. 11 a 21

- využívají se pro zpevnění podkladních vrstev dopravních staveb, také u šterkových loží železnic. Narozdíl od jednoosých geomříží lze tyto využít pro vyztužování podkladních vrstev, jelikož mají zajištěnou tuhost ve dvou směrech.



Obrázek č. 21 : Dvouosá geomříž Tensar [14]

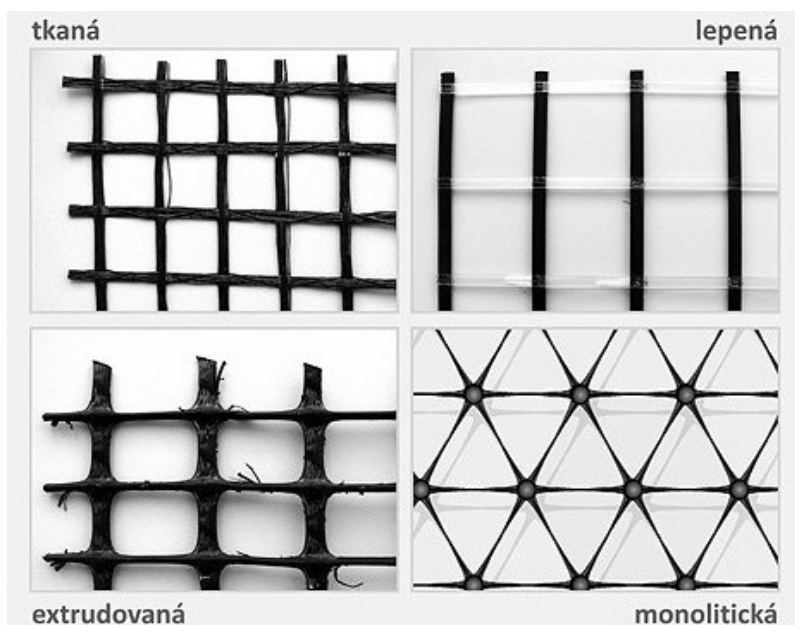
- **Trojosé** - jedná se o poměrně novou technologii. Je zajištěna tuhost ve všech třech směrech díky trojúhelníkové geometrii. Geomříže Tensar TriAx se dají využít všude a mají izotropní vlastnosti. Více o této technologii TriAx jsem se zmiňoval v kapitole 2.2 a 2.3 , - viz obrázek č. 22



Obrázek č. 22 : Trojosá geomříž Tensar [14]

### Rozdělení podle typu použité technologie:

- **lepené, svařované a tkané** - jsou vyrobeny ze dvou soustav pramenců provázaných vzájemně ve dvou kolmých směrech. [11] , - viz obrázek č. 23
- **extrudované** - jsou vyráběny vstřikováním horké směsi na chladicí vál pomocí trysek s polymerní hmotou. Podle vzdálenosti jednotlivých trysek vznikají různé velikosti a tvar ok geomříže. [11] , - viz obrázek č. 23
- **monolitické** - jsou vyrobeny z fólií děrovaných a napínaných tak, aby vznikla oka tvaru trojúhelníku, čtverce nebo obdélníku s žebry obdélníkového průřezu spojené integrálními spoji. [11] , - viz obrázek č. 23



Obrázek č. 23 : Rozdělení typů geomříží [11]

### Rozdělení podle funkcí geomříží:

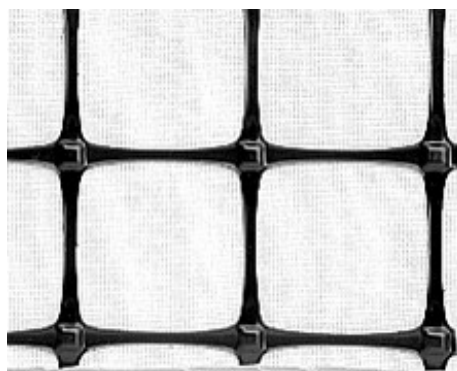
- **Vyztužující funkce** - geomříže tím, že vyztužují vrstvy zeminy, tak vytvářejí tzv. nosnou konstrukci. Můžeme je vkládat ve více vrstvách pro lepší stmelení a vyztužení v podkladních vrstvách

- žebra geomříže musíme umístit přičně ve směru zatížení.  
Tím vytvoříme řadu opěrných bodů, které nám lépe přenášejí zatížení.

- princip spočívá v tom, že geomříž nepřenáší napětí jen pouhým třením, jak je to u geotextilií, ale pomocí interakce mezi zeminou a geomříží. Tím je zajištěna velmi dobrá interakce přenosu napětí a maximalizuje se účinek vyztužení. Tenhle princip zajišťuje tzv. zazubení geomříže se zeminou a spolupůsobení mezi sebou. - viz kapitola 2.3

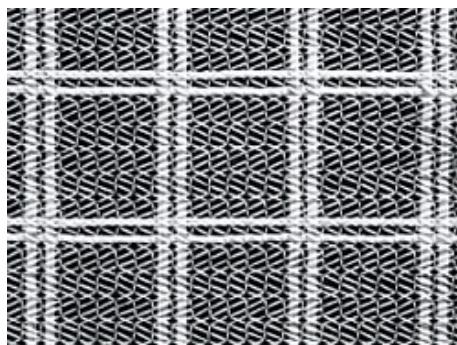
- je zajištěna až 40 % úspora na tloušťce podkladní vrstvy, ale je to ovlivněno únosností podloží, velikostí zatížení, křivkou zrnitosti a typem zatížení. Záleží také na vzájemném uspořádání vrstev zemin ve spodní a vrchní konstrukci podloží. Při vhodném uspořádání zajistíme rovnoměrné rozdělení zatížení do podloží. Výztuhy geomříže přebírají vodorovné napětí a dochází ke snížení deformací v celé konstrukci. Na úsporu má vliv také tvar otvoru, tloušťka, tuhost, velikost a tvar žebra geomříže. - viz kapitola 2.1

- geomřížemi nevyztužujeme jen zeminy, ale i např. asfaltové vrstvy vozovek. Geomříže nám omezuje vliv reflexních a únavových trhlin, trvalou deformaci krytu a zvyšuje také životnost asfaltového krytu. Pro tento účel firma Tensar nabízí dva typy. Jedná se o Tensar AR-G a Tensar Glasstex. [16], - viz obrázek č.24 a 25



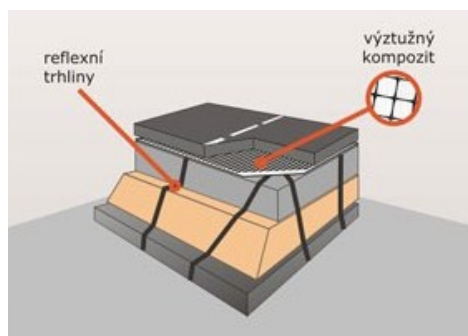
Obrázek č. 24 : Tensar AR-G [16]

Oba tyto typy jsou kompozity. To znamená, že se skládají vždy z nějaké monolitické geomříže a tkané textilie. U Tensar Glasstex se jedná o mříže ze skelného vlákna. Textilie má vždy jen instalační funkci. Glasstex výborně přenáší tahové napětí, které vzniká na vozovce např. promrzáním a nebo bobtnáním. Omezuje také vznik trhlin.

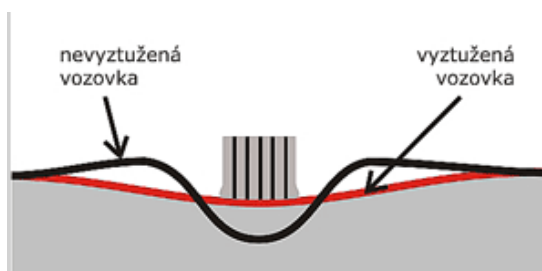


Obrázek č. 25: Tensar Glasstex [16]

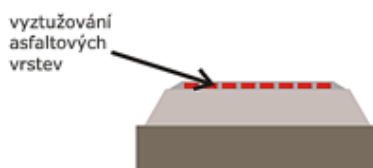
Tensar AR-G můžeme využít k zvýšení životnosti a únosnosti krytu a omezuje tvorbu kolejí od kol vozidel. U tohoto typu geomříží se zajistí, že zatížení od kol vozidel bude lépe roznášeno. Výrobce velmi doporučuje použití pro velmi vytížené úseky silničních tras (dálnice, rychlostní silnice). Je tedy zajištěna i velká úspora při rekonstrukcích těchto vozovek. - viz obrázek č. 26, 27 a 28



Obrázek č. 26: Schéma funkce kompozitu [16]



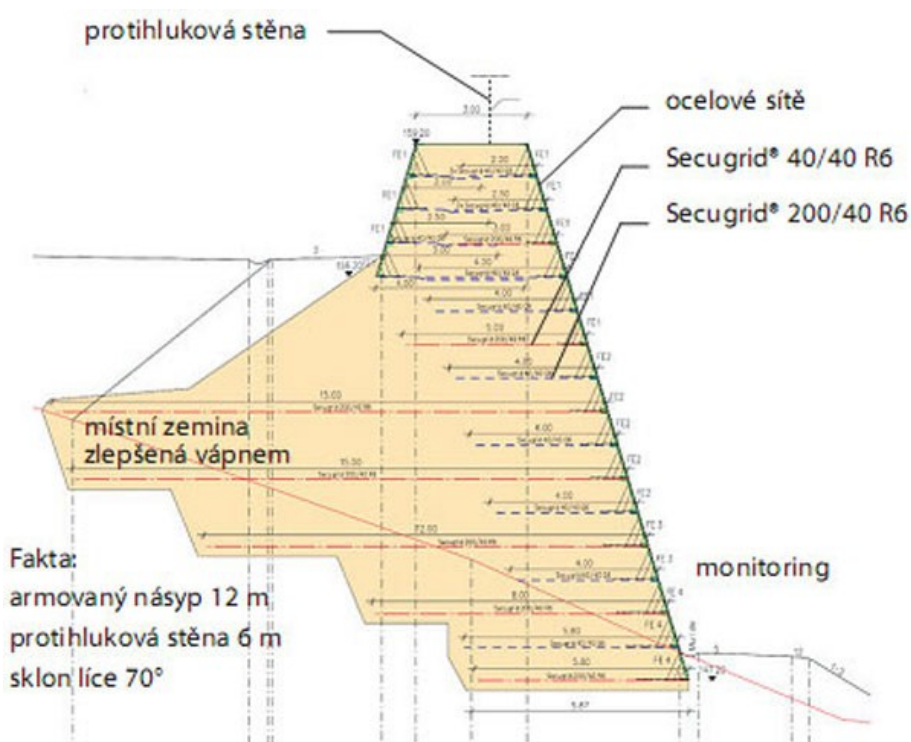
Obrázek č. 27: Omezení tvorby kolejí [16]



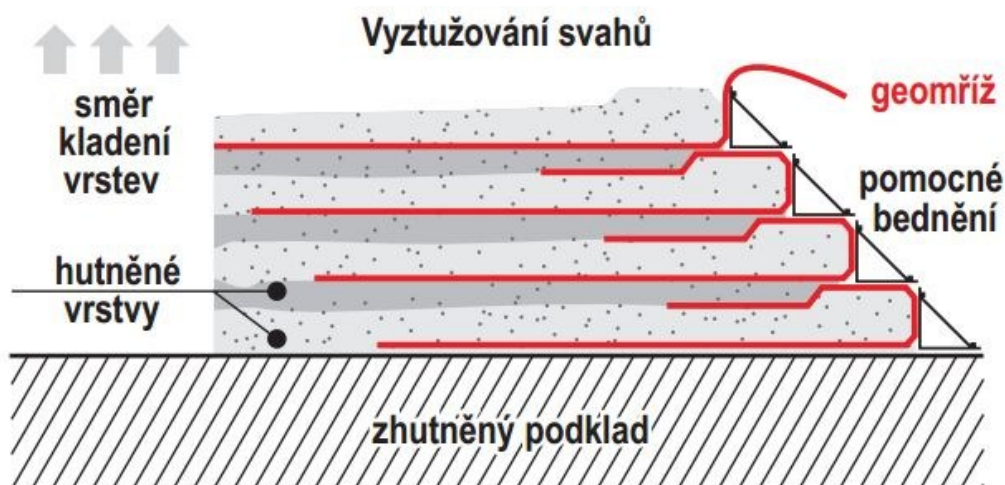
Obrázek č. 28: Ukázka vyztužení vozovky [16]



- při vyztužování strmých svahů používáme většinou jednoosé geomříže. Mají vysokou pevnost v jednom směru (podélném). Svahy vyztužené geomřížemi můžeme vytvářet až do sklonu 90°. Pokládají se v horizontálních vrstvách a zakončují se na čele konstrukce. Samozřejmě výplňový materiál se zaklíní do geomříže a po zhutnění dosahuje vysoké pevnosti. Také odolnost svahu pro usmyknutí se několikanásobně zvýšila. [13], - viz kapitola 2.3, - viz obrázek č. 29 a 30

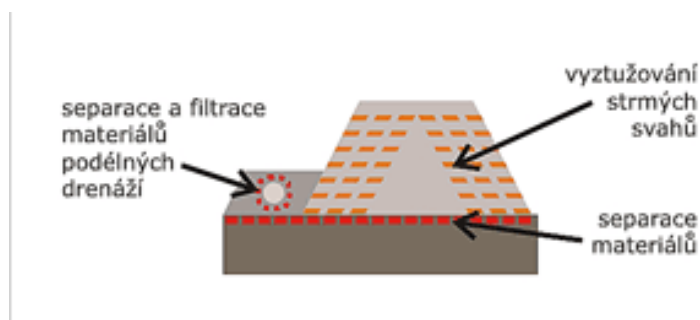


Obrázek č. 29: Ukázka vyztužení velmi vysokého násypu [18]

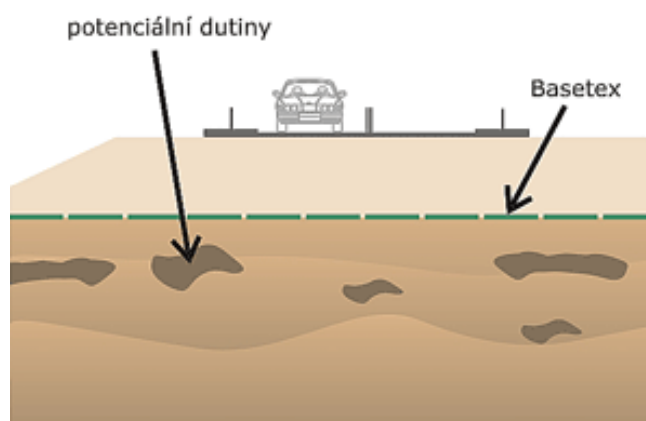


Obrázek č. 30: Ukázka kladení geomříží [17]

- **SeparáčnÍ funkce** - je tím považováno schopnost zajistit separaci, ale jen v případě, že je překryta dobře zrnitou zeminou. Správné zazubení zamezuje pohybu jemných částic v podkladní vrstvě směrem nahoru. - viz obrázek č. 31 a 32
  - tomuto pohybu částic se říká tzv. pumpování
  - u geomříží se jedná jen o druhotnou podřadnou funkci. Pro kvalitní separaci se používají hlavně geotextilie od různých výrobců.



Obrázek č. 31: SeparáčnÍ funkce [19]



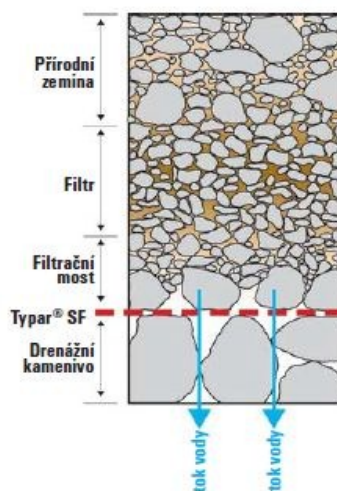
Obrázek č. 32: SeparáčnÍ funkce na poddolovaném podloží [20]

### 2.4.3 ROZDÍL MEZI GEOMŘÍŽÍ A GEOTEXTILIÍ

Základním rozdílem je, že geotextilie má velmi jemnou otevřenou strukturu s obdelníkovými nebo čtvercovými otvory. Jedná se o tuhou integrální výztužnou geosyntetiku. Většinou vyrobena z izotropních materiálů. Fyzikální vlastnosti jsou tedy ve všech směrech stejné. Oproti geomříží mají geotextilie více funkcí při různém použití.

Hlavní funkce geotextilií jsou separace, filtrace, vyztužení, ochrana a stabilizace. Pro většinu použití se obvykle vyžaduje kombinace těchto několika funkcí. [21]

- **Separační funkce** - zabraňuje snížení únosnosti způsobené míšením jemnozrnného podloží s kamenivem základu
  - zvýšení únosnosti při zatlačení kameniva do nevhodného podloží a zvýšení stupně zhutnění
  - zabránit migraci jemných částic při namáhání
  
- **Stabilizace a vyztužení** - geotextilie dodává zemině pevnost v tahu, a tak nahrazuje nedostatek tahové pevnosti zeminy. - viz obrázek č. 33
  - stabilizuje základ z kameniva a zlepšuje jeho odolnost proti trvalým deformacím. Čím je počáteční modul vyšší, tím je geotextilie účinnější. Vyšší modul dokáže lépe rozložit zatížení, snížit napětí a zvýšit odolnost proti posunutí. [21]
  
- **Filtrace** - umožňuje pronikání a odvedení kapalin (hlavně vody) přes geotextilii dál do podloží. Z filtračních vlastností nás zajímá hlavně číslo pórovitosti a propustnost. - viz obrázek č. 33
  - propustnost je ovlivněna stlačitelností geotextilie. Čím je geotextilie silnější tím je citlivější na požadované stlačení.
  - filtrační funkce je využívána hlavně u výstavby přehrad, u protierozním opatření, odvodnění silnic a podloží. Nahrazuje tedy běžný zrnitý filtr. [21]



Obrázek č. 33: Filtrační funkce u geotextilii [21]

- **Ochranná funkce** - geotextilie s tímto případem používají k ochraně např. geosyntetických bariér skládek, zastřešení, u nádrží a vodních děl.

- provádí se test odolnosti proti proražení hřebíkem

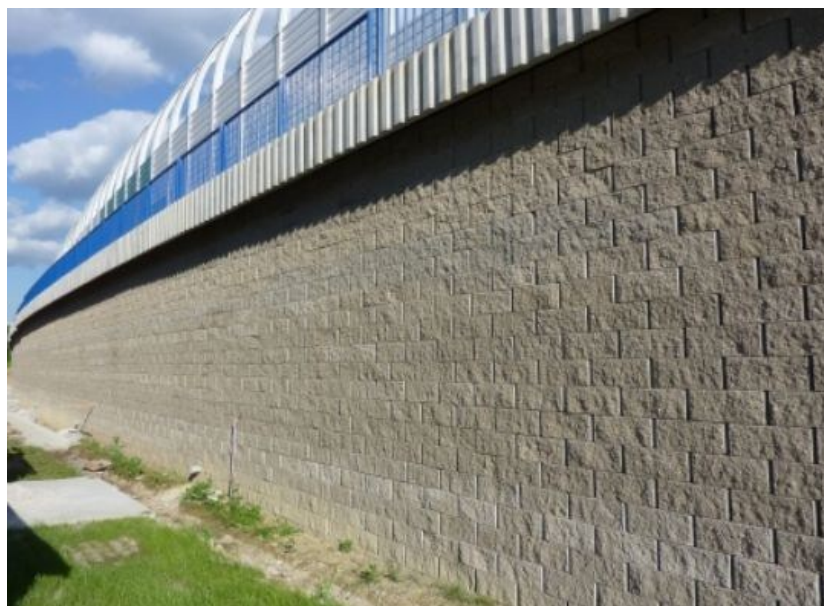
## **2.5 ZKUŠENOSTI S GEOMŘÍŽEMI Z ČR A ZE ZAHRANIČÍ**

### **2.5.1 OPĚRNÉ STĚNY – R1 ŽIAR NAD HRONOM**

Svislé stěny, které jsou tvořené zásypovým materiálem, geomřížemi a pohledovými betonovými prvky představují ucelený systém. Výstavba probíhá bez mokrých procesů. Může tedy probíhat i za méně příznivých podmínek. [22]

Projektant pro tuto stavbu stanovil velmi kvalitní zásypový materiál s úhlem vnitřního tření  $34^\circ$ . Navrženo bylo kladení geomříží s krátkodobou pevností v tahu 120 a 80 kN/m každé 3 vrstvy pohledových prvků (tvárnic). [22]

Zajímavostí na tomto projektu bylo, že v průběhu návrhu byla změněna výška protihlukové stěny z 2,5 m na 7,5 m. Z toho důvodu bylo založení této protihlukové stěny nutno provést na velkopřůměrových pilotách. Aby se nepoškodily geomříže, byly vynechány v těchto místech části geomříží. [22], - viz obrázek č. 34 a 35



Obrázek č. 34: Opěrná stěna na R1 [22]



Obrázek č. 35: Opěrná stěna na R1 [22]

### 2.5.2 VYSOKÉ NÁSPY - D11 LIBICE-DOBŠICE

Tento nový úsek dálnice (2005) kategorie 27,5/120 slouží především k odklonění těžkého tranzitního provozu spojeného s vysokou nehodovostí. Dálnice obsahuje 12 mostních objektů, je odkanalizována a voda je svedena do usazovacích nádrží.

Zajímavostí je, že projektanti chtěli zmenšit množství násypového materiálu, a tak navrhli sklony svahů v poměru 1:1,25. Tento postup vyžadoval velmi složité stabilitní výpočty, zlepšení materiálu vápnem a použití geomříží ke zpevnění svahů. [23], viz obrázek č. 36. U takové stavby musíme samozřejmě počítat i s erozními vlivy především činnosti vody. Vhodným řešením je použití geosyntetických produktů. Jedná se hlavně o nízkohmotnostní geotextilie, rohože z kokosových vláken a 3D rohoží Polymat s geomříží.

Na tomto úseku dálnice při podélné výšce až 20 m a sklonu až 60 ° docházelo k sesuvům (až 10 m). Navrhl se tedy jiný postup a to osazení perforované geotextilie viz obrázek č. 37, která zajišťuje rychlé zatravnění a použití laťování po délce svahu. viz obrázek č. 38. Ohumusovalo se to a zasypalo ornici a celý svah se zpevnil ještě ocelovými kotvami v ploše svahu. [23]

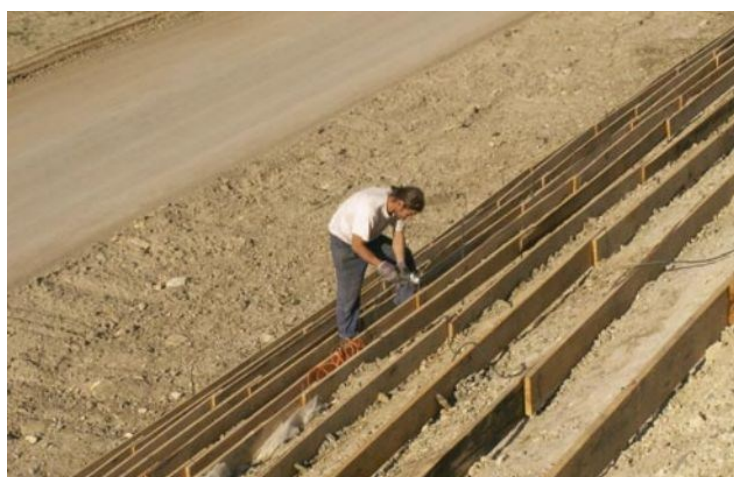




Obrázek č. 36: Dálnice D11 [23]



Obrázek č. 37: Perforovaná geotextilie pro zatravnění [23]



Obrázek č. 38: Lat'ování po délce svahu [23]

### 2.5.3 CYKLISTICKÁ STEZKA PRÁŠILY-SRNÍ

Pro větší bezpečnost cyklistů na frekventované komunikaci bylo navrženo výškové oddělení vlastní silnice a plánované cyklostezky. Na stávající kamennou zídku byl vystavěn

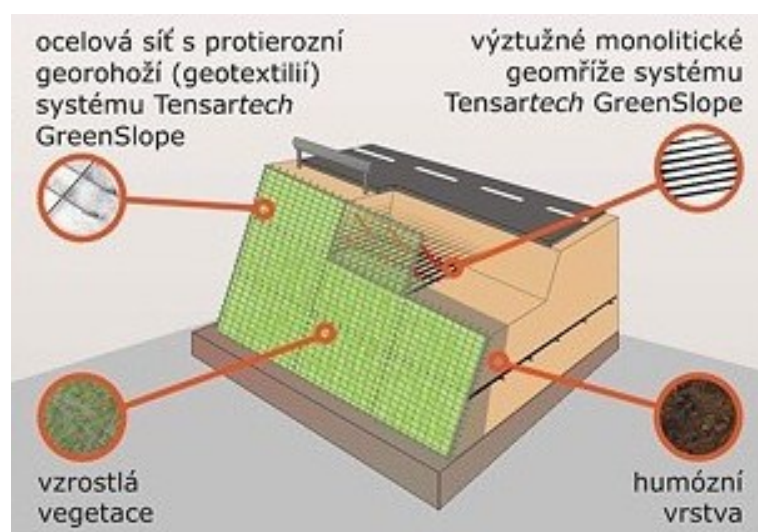
vyztužený svah o délce 420 m a výšce až 3,5 m. V koruně svahu bylo osazeno zábradlí pro zvýšení bezpečnosti cyklistů. [24], - viz obrázek č. 39 a 40

Byl vybrán systém GreenSlope pro jeho zelený líc a z důvodu již vzrostlé vegetace. Výhodou tohoto systému byla rychlá výstavba systému a dodavatel stihl položit obrusnou asfaltovou vrstvu ještě před zimním obdobím. [24], - viz obrázek č. 41

Systém GreenSlope je způsob budování opěrných konstrukcí na principu vyztužené zeminy. Skládá se ze prvků: ocelové koše, monolitické geomříže Tensar a sypanina. V čele každého koše je připevněna protiérozní georohož, která zabraňuje vysypávání zeminy z čela konstrukce. Cyklostezka byla otevřena ve 12/2010 a výstavba trvala 2 roky. Délka úseku je 11,1 km. [25], - viz obrázek č. 42



Obrázek č. 39 a 40: Svah cyklostezky [24]



Obrázek č. 41: Systém GreenSlope [25]





Obrázek č. 42: Mapa oblasti [26]

#### 2.5.4 VYZTUŽENÍ ASFALTOVÉHO KRYTU D5 – RUDNÁ

Jedná se o vyztužení asfaltového krytu na dálnici D5 – Rudná směrem do Prahy. Vyztužení bylo provedeno z důvodu podélných a příčných trhlin v úseku 4,0 – 6,0 km. Použily se dva druhy vyztužných materiálů geokompozit s geomříží ze skelných vláken a na bázi polymeru. Na tomto úseku byly použity oba tyto typy. Trhliny vznikají např. z mrazu, reflexe a únavy. [27]

Podélné trhliny byly vyztuženy a zesíleny geokompozity s geomříží na bázi polymeru. Geokompozit tvoří geomříž a geotextilii, která je prošita a tepelně spojena proto tvoří jeden celek. [27] - viz obrázek č.43 a 44

Příčné trhliny byly vyztuženy a zesíleny geokompozity s geomříží ze skelných vláken. Instalace je prováděna postřikem asfaltovou emulzí dle podkladu, potom položíme geokompozit a vyrovnáme povrch a okraje. Musí být prováděna v teplotě vyšší než 5 °C. Při špatné nebo neodborné instalaci vznikají různé závažné poruchy a většinou je toto vyztužení nefunkční. - viz obrázek č. 45 a 46



Obrázek č. 43: Způsob pokládky [27]



Obrázek č. 44: Způsob pokládky [27]



Obrázek č. 45: Chyby při pokládce [27]



Obrázek č. 46: Chyby při pokládce [27]

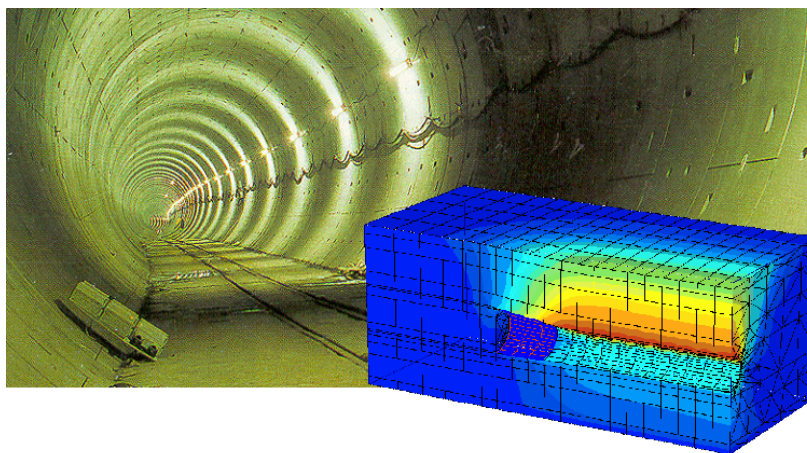
### 3 ZHODNOCENÍ UŽITÍ GEOMŘÍŽÍ V NÁSYPECH POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ POMOCÍ MODELOVÁNÍ

#### 3.1 PŘEDSTAVENÍ PROGRAMU PLAXIS

Modelovací software byl vytvořen holanskou firmou PLAXIS. Já jsem měl k dispozici verzi 8.2 . Plaxis je speciálně vyvinut pro deformační a stabilitní analýzu geotechnických konstrukcí a výpočet je založen na numerické metodě konečných prvků. [28]

Metoda konečných prvků je variační metoda, která předpokládá nahrazení kontinuálního pevného tělesa konečným počtem diskrétních elementů (pomocí trojúhelníků), které jsou spojeny konečným počtem uzlových bodů. Na každém z těchto konečných prvků se aproximuje přesné řešení posunutí, jemuž odpovídající napětí diferenciální rovnicí rovnováhy tzv. vhodnou funkcí. Náhradní aproximační funkce definuje jednoznačně stav posunutí uvnitř každého konečného prvku pomocí posunutí. Posunutí uzlů jsou neznámými parametry úlohy společně deformacemi a vlastnostmi materiálu. [28], - viz obrázek č. 47

Jedná se tedy o kompletní výpočetní systém. Umožňuje simulaci nelineárního chování zemin a dává nám možnost modelovat hydrostatické, hydrodynamické a vzájemnou interakci mezi konstrukcí (výztuž, kotvy, geomříže a stěny) a zeminou. V programu je také implementován automatický generátor sítě konečných prvků. Máme k dispozici trojúhelníkové prvky s 6-ti uzly, tak i s 15-ti uzly s kubickým polynomem. [28]

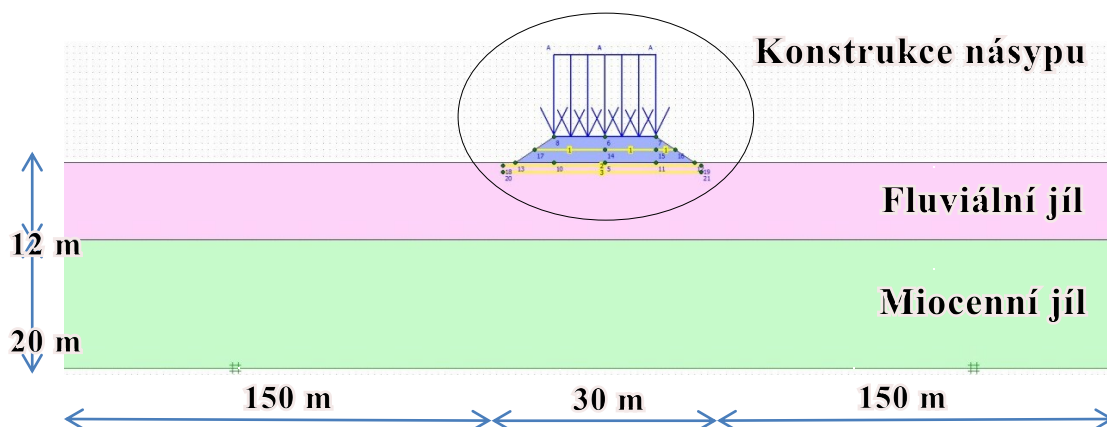


Obrázek č. 47: Matematický model tunelu ve 3D [29]

## 3.2 VSTUPNÍ PARAMETRY MATEMATICKÉHO MODELU

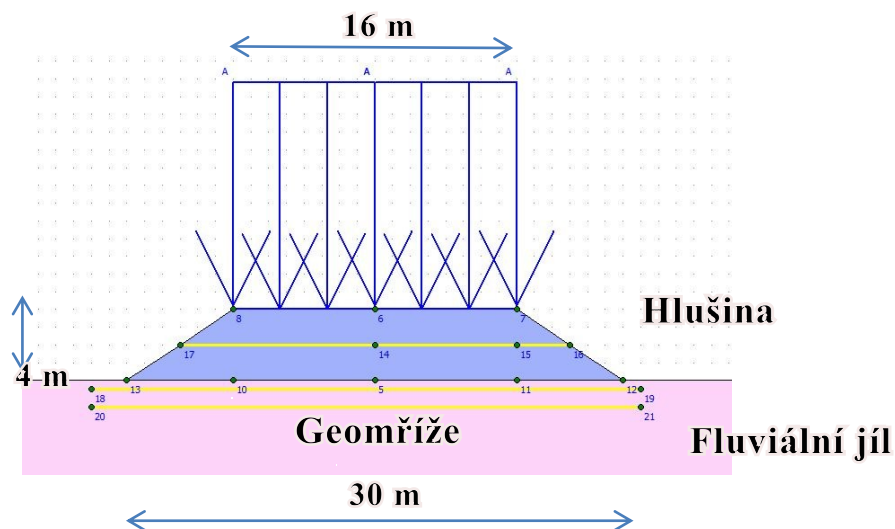
### 3.2.1 MATEMATICKÝ MODEL

Model je vytvořen jako rovinná úloha. Geometrie je vytvořena v souřadnicovém systému X-Y. Hladina podzemní vody se v modelu nevyskytuje, viz obrázek č. 48



Obrázek č. 48: Matematický model

Před výpočtem bylo nutné stanovit okrajové podmínky. Násyp je spodní šířky 30 m a pokud chceme zajistit přesný výpočet, navrhujeme boční oblasti 5x širší než násyp. Tento způsob modelování je vytvořen z důvodu přesnějšího výpočtu a chceme zajistit, aby okolní zemina nám nepůsobila na náš modelovaný násyp. Je to metoda tzv. tuhé vany. Při použití této metody je model na vertikálních hranicích omezen proti horizontálním posunům a na horizontální hranici omezen vůči posunům ve směru vertikálním i horizontálním. [28]



Obrázek č. 49: Konstrukce násypu



### 3.2.2 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU

Pod tímto pojmem si můžeme představit geotechnické parametry zemin a parametry geomříží (tuhost a pevnost). Jednotlivé vlastnosti zemin se odvíjí od druhu zeminy, soudržnosti, objemové tíhy a mocnosti. Pro výpočet matematického modelu jsem použil Mohr-Coulombův model. Všechny parametry, které odpovídají mému modelu jsem si zjistil a do programu PLAXIS jsem je zadal.

Geotechnické parametry, které zadávám do programu musí obsahovat především  $\gamma$  – objemová tíha,  $\phi$  – úhel vnitřního tření,  $c$  – soudržnost,  $E_{\text{def}}$  – modul přetvárnosti,  $\nu$  – Poissonovo číslo a  $k$  – permeabilitu.

Materiál	$\gamma_{\text{unsat}}$	$\gamma_{\text{sat}}$	$k$	$\nu$	$E_{\text{def}}$	$c_{\text{ef}}$	$\phi$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[m/den]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]
Hlušina	21	24	8,64	0,25	70000	1	36
Fluviální jíl	20,5	23,5	8,64E-10	0,35	6000	15	18
Miocenní jíl	20,5	23,5	5,18E-04	0,30	30000	30	28

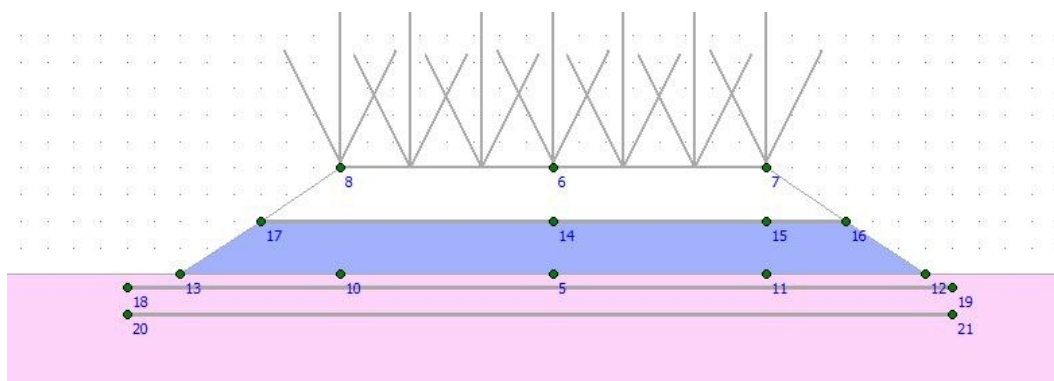
Obrázek č. 49: Geotechnické parametry zemin

### 3.3 VÝPOČETNÍ FÁZE MODELU

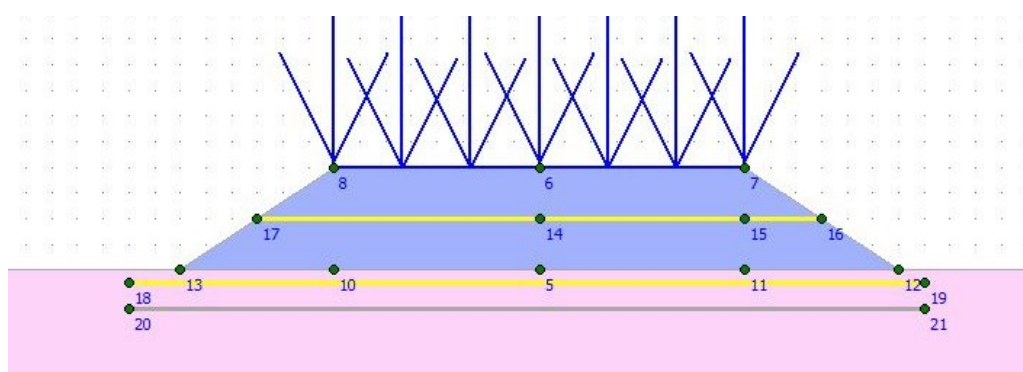
#### 3.3.1 NÁVRH A VYTVOŘENÍ JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ MODELU

Výpočetní fáze jsem si navrhl z důvodu porovnání účinnosti geomříží. Do násypu jsem zvolil jeden pás geomříže ve výšce 2 m v násypu. Další pásy geomříží jsem navrhl v hloubce 0,5 m pod násypem a také 1,5 m pod násypem. V programu PLAXIS si postupně namodeluji násyp a v něm jen vypínám případně zapínám jednotlivé vrstvy zemin, dopravní zatížení a geomříže podle zvolených parametrů.

Tyto fáze kombinuji nejprve s nízkým násypem (2 m) bez geomříží v podloží a postupně přidávám 1 ks geomříže a následně 2 ks geomříže do podloží. U vysokého násypu (4 m) postupuji stejně. Začínám také bez geomříží a postupně přidávám až 2 ks geomříží do podloží a dále taktéž přidám 1 ks geomříže do násypu. - viz obrázek č. 50 a 51



Obrázek č. 50: Modelování 1. fáze bez zatížení dopravou



Obrázek č. 51: Modelování 8. fáze se zatížením dopravou

Jednotlivé fáze jsou vzájemně kombinovány, aby bylo možné porovnávat výsledky. Každou mnou zvolenou fází kombinuji taktéž s dopravním zatížením  $10 \text{ kN/m}^2$ . Tímto krokem mohu sledovat další rozdíly hodnot spojené s dopravním zatížením na vozovce.

č. fáze	Popis fáze
1. fáze	2 m násyp, bez geomříží
2. fáze	2 m násyp, 1x geomříž v podloží
3. fáze	2 m násyp, 2x geomříž v podloží
4. fáze	4 m násyp, bez geomříží
5. fáze	4 m násyp, 1x geomříž v podloží
6. fáze	4 m násyp, 2x geomříž v podloží
7. fáze	4 m násyp s geomříží, bez geomříží v podloží
8. fáze	4 m násyp s geomříží, 1x geomříž v podloží
9. fáze	4 m násyp s geomříží, 2x geomříž v podloží

Obrázek č. 52: Popis jednotlivých fází

### 3.3.2 VLOŽENÍ FÁZÍ DO „KALKULAČKY“ PROGRAMU

Jednotlivé fáze, které jsem navrhnul jsem postupně vložil do programu PLAXIS. Fáze se do programu musí zadávat postupně a kombinují se jednotlivé výpočetní postupy. Samozřejmě jsem všechny fáze ještě kombinoval s dopravním zatížením a musel jsem dodržet postup vkládání.

Co se týká postupu výpočtu v programu PLAXIS, vždy jsem vytvořil jednotlivou fázi a program mi vypočetl přetvoření (sedání) funkcí „Plastic“. To samé jsem udělal u všech fází i se zatížením dopravou. Výpočet byl vždy zadán, aby začínal od „0“ fáze tzv. základu.

Dále od každé fáze jsem vytvořil kopii a ta byla vypočtena metodou Phi/c reduction. Tato metoda mi vypočítala stabilitu této fáze a ukázala mi hodnotu stupně bezpečnosti. Tyto hodnoty budu porovnávat v následujících kapitolách. Výpočet nezačínal od fáze „0“ jako u Plastiku, ale výpočet vždy byl svázán s předešlou fází. - viz obrázek č. 53

#### správnost výpočtu

- ✓ 2 m násyp, bez geomříží
- ✓ 2 m násyp, bez geomříží
- ✓ 2 m násyp, bez geomříží + doprava

Č. kroku

1  
2  
4

0  
1  
0

#### metoda výpočtu

Plastic  
Phi/c reduction  
Plastic

výpočet začíná od

Obrázek č. 53: Ukázka zadání 1. fáze do programu

Metoda Phi/c reduction posuzuje ztrátu celkové stability zemního tělesa (v mém případě násyp). Dle ČSN 73 6133 se má provést výpočet stupně bezpečnosti. Já jsem k tomu použil program PLAXIS. Dle normy máme požadované minimální stupně bezpečnosti v závislosti na použitých parametrech smykové pevnosti. [30] – viz obrázek č. 54 a 55

N á s y p			
Podloží násypu	Sypanina <sup>*)</sup>	Smykové parametry podloží	Stupeň bezpečnosti
únosné	soudržná	efektivní vrcholové efektivní kritické	1,3 1,15
	nesoudržná	efektivní vrcholové efektivní kritické	1,2 1,15

Obrázek č. 54: 1. část tabulky z ČSN 73 6133 [30]



málo únosné **)	kamenitá	efektivní vrcholové	1,2
	soudržná	totální efektivní kritické	1,5 1,2
	nesoudržná	totální efektivní kritické	1,5 1,2

Obrázek č. 55: 2. část tabulky z ČSN 73 6133 [30]

Dle těchto hodnot z tabulky ČSN mohu posoudit minimální stupeň bezpečnosti stability svahu. Nejmenší hodnota je tedy 1,2 . Vyhodnocením výsledků z mého modelování se budu zabývat v následující kapitole.

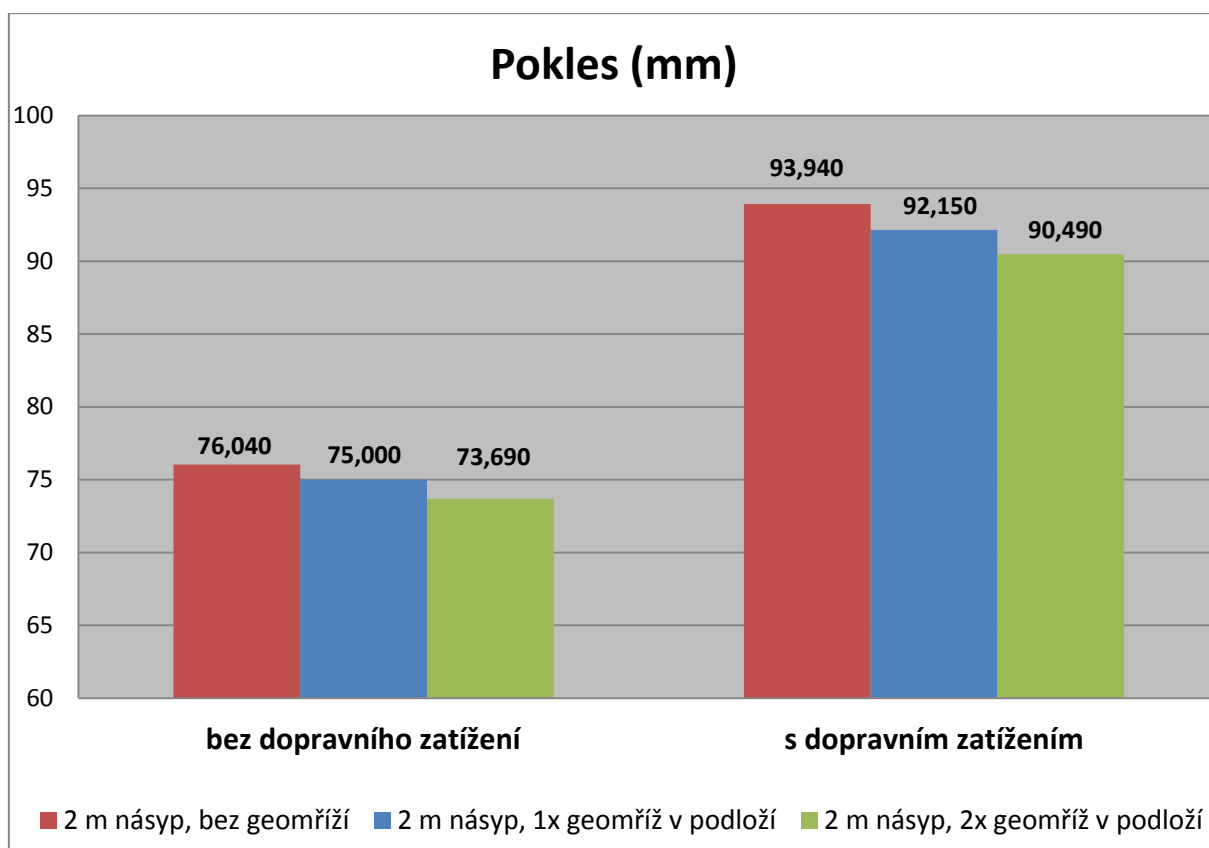
## 4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Vyhodnocením výsledků mám dokázat, že použití geomříží v násypech, vysokých svazích nebo asfaltových vozovkách je oprávněné a navrhuje se pro vylepšení únosnosti a snížení deformací v násypech. V mém modelu jsem kombinoval více kusů geomříží a tím mohu dokázat, že použití se vyplatí a ušetří nám finanční prostředky. Změřené hodnoty z mého modelování jsou v následující tabulce.

FÁZE:	přesný popis fáze	Pokles násypu		stabilita
		bez dopravy	s dopravou	Phi/c reduction
1	2 m násyp, bez geomříží	76,04 mm	93,94 mm	1,8721
2	2 m násyp, 1x geomříž v podloží	75,00 mm	92,15 mm	1,5149
3	2 m násyp, 2x geomříž v podloží	73,69 mm	90,49 mm	2,1470
4	4 m násyp, bez geomříží	146,60 mm	163,96 mm	1,3213
5	4 m násyp, 1x geomříž v podloží	136,81 mm	149,68 mm	1,2360
6	4 m násyp, 2x geomříž v podloží	134,11 mm	146,68 mm	1,2872
7	4 m násyp s geomříží, bez geomříží v podloží	146,56 mm	162,33 mm	1,6935
8	4 m násyp s geomříží, 1x geomříž v podloží	136,82 mm	149,67 mm	1,4197
9	4 m násyp s geomříží, 2x geomříž v podloží	134,14 mm	146,67 mm	2,0101

Obrázek č. 56: Výsledky z programu PLAXIS (tabulka)

Při porovnání bez geomříží (dále jen 0xGP) a s 1x geomříží v podloží (dále jen 1xGP) vidíme snížení sedání. Výsledné sedání se zmenšilo skoro o 1 mm (i při zatížení dopravou). U porovnání 0xGP a s 2x geomříží v podloží (dále jen 2xGP) je snížení sedání o 3 mm. (i při zatížení dopravou). Jedná se o hodnoty u 2 m násypu. - viz graf č. 1

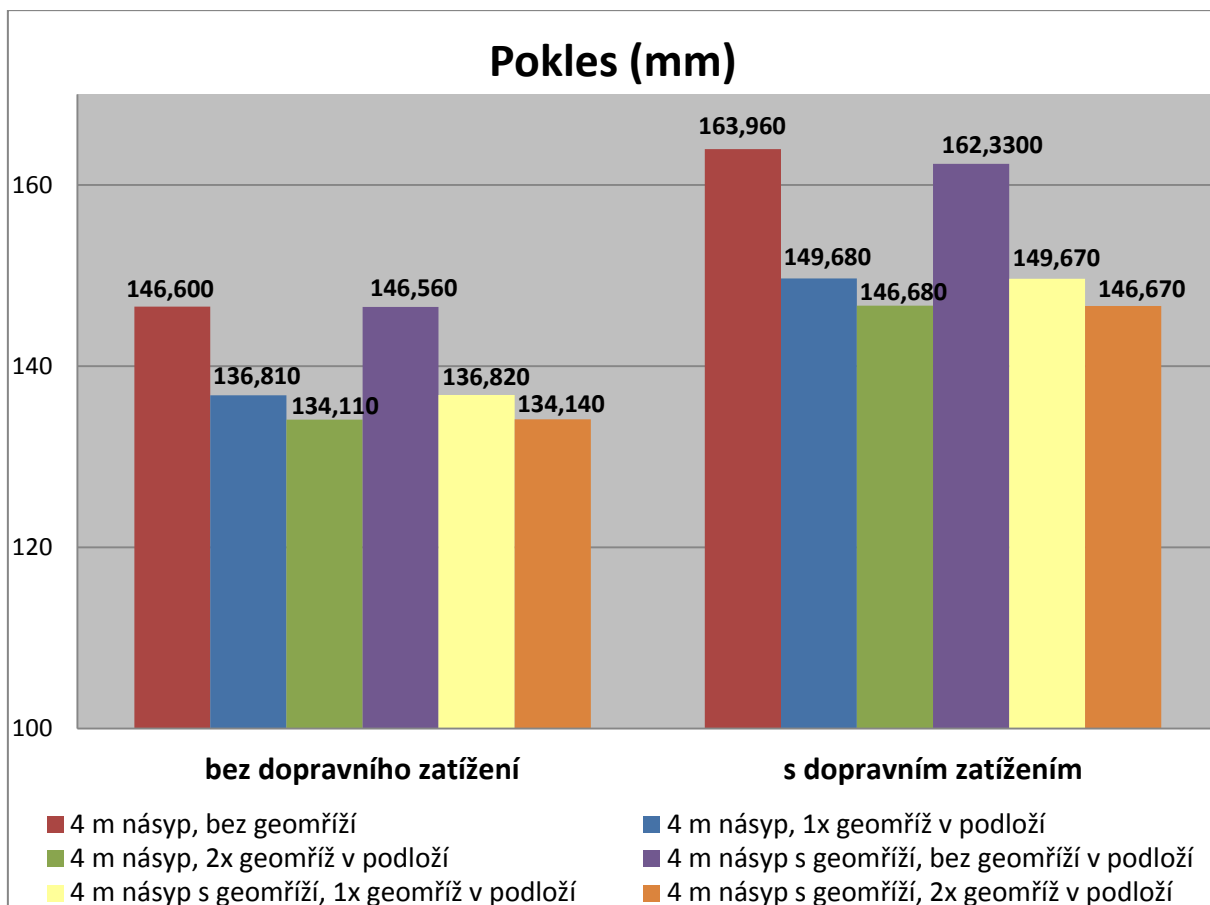


Graf č. 1: Pokles pro 2 m násyp

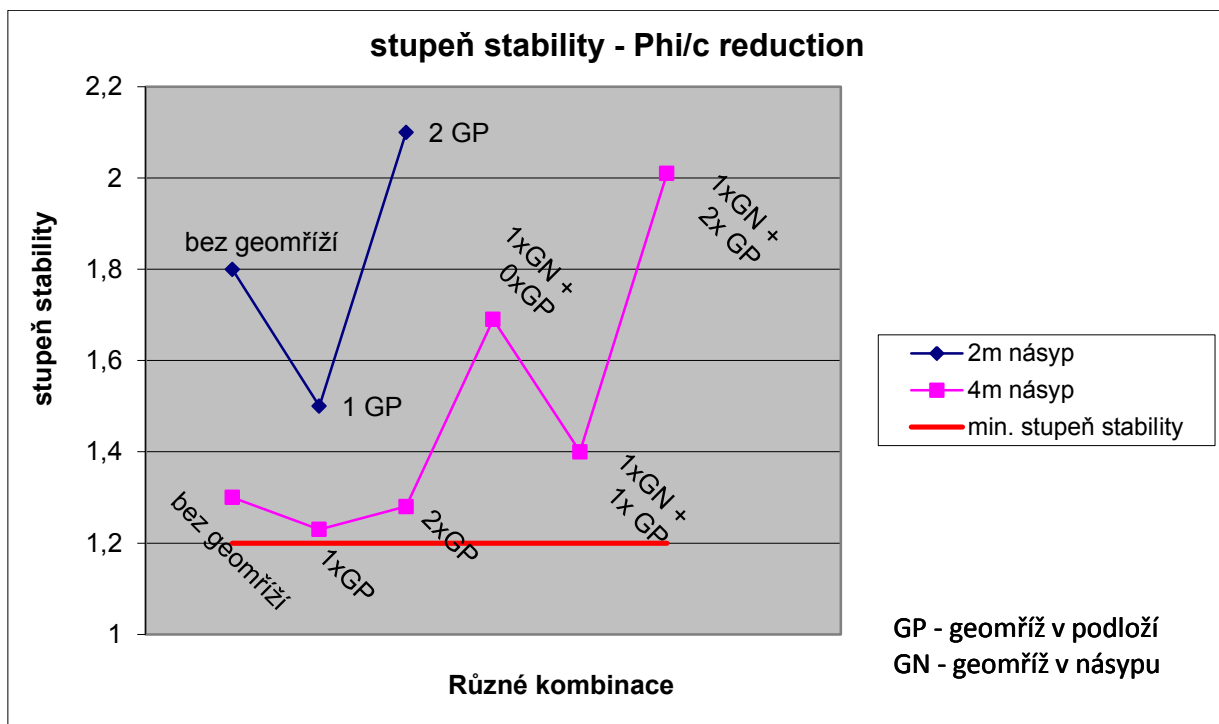
Další možnosti se zabývají už jen 4 m násypem a kombinací umístění geomříží v násypu a v podloží. Při porovnání 0xGP a 1xGP je rozdíl sednutí násypu 9,7 mm a 14,3 mm (u zatížení dopravou). Dále při stavu 0xGP a 2xGP jsem zjistil rozdíl sednutí 12,5 mm a 17,3 mm (u zatížení dopravou). - viz graf č. 2

U posledních tří možností jsem ještě vložil do 4 m násypu geomříž (dále jen GN) a porovnal hodnoty s 0xGP, 1xGP a 2xGP. Rozdíl v sedání je mezi 0xGP a GN 0,04 mm a 1,63 mm (u zatížení dopravou). Dále rozdíl mezi 0xGP a GN + 1xGP je 9,78 mm a 14,29 mm (u zatížení dopravou). Poslední možností bylo umístit max. počet geomříží (GN + 2xGP) a hodnoty jsou 12,46 mm a 17,29 mm (u zatížení dopravou). - viz graf č. 2

Co se týká výpočtu  $\Phi/c$  reduction a porovnáním hodnot mohu bezpečně říct, že hodnoty jsou ve všech kombinacích větší než kritických 1,2. Všechny kombinace tedy vyhoví na ztrátu celkové stability (únosnosti) dle ČSN 73 6133. Rozdíly hodnot při poklesu nejsou tak značné, ovšem v případě stability již vidíme větší rozdíly. - viz graf č. 3



Graf č. 2: Pokles pro 4 m násyp



Graf č. 3: Stupeň stability

## 5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zlepšování parametrů zemního tělesa pomocí geosyntetických materiálů. Měl jsem představit vývoj geomříží, jejich vlastnosti a rozdělení dle působení a funkce. Dle vyhodnocených výsledků z mého modelování jsem dospěl k názoru, že použití geomříží určitě není zbytečné a je velmi užitečné. Rozdíly hodnot sedání mého modelu, vypovídají o tom, že při použití geomříží u vyšších násypů výrazně sníží sedání, zvýší únosnost a celkově zpevní svah. Svah vyztužený geomřížemi odolává větším deformacím a je bezpečnější. S tímto také souvisí větší stabilita svahu při vyztužování. Při výpočtu těmito numerickými metodami (v programu PLAXIS) musíme počítat i s větším ztížením.

Zpracování této práce bylo pro mě přínosem. Dozvěděl jsem se mnoho informací o geomřížích a jejich použití v dopravním stavitelství. Vyzkoušel jsem si také modelování v geotechnickém výpočetním programu PLAXIS a chování geomříží v násypu při zatížení dopravou.

## 6 CITACE

- [1] - Geomat.cz. [online]. 2010 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/historie-a-struktura-geomrizi-a-cesta-k-triaxu-i/374>
- [2] - Silnice a železnice. [online]. 2008 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/unikatni-trojuhelnikova-geomriz-ziskala-zlatou-medaili-ibf-2008>
- [3] - *TriAx* [online]. 2008 [cit. 2012-04-23]. ISBN tensor international. Dostupné z: [http://www.geomat.cz/download/2544/VL\\_TXX\\_CZ\\_A\\_08\\_02.pdf](http://www.geomat.cz/download/2544/VL_TXX_CZ_A_08_02.pdf)
- [4] - ASB. [online]. 2008 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/konstrukce-z-vyztuzene-zeminy/galeria/682/3837>
- [5] - *Tensar TriAx* [online]. 2012 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [http://www.tensar.co.uk/sitecz/scientifically-proven/scientifically-proven\\_7.aspx](http://www.tensar.co.uk/sitecz/scientifically-proven/scientifically-proven_7.aspx)
- [6] - Tensar TriAx. [online]. 2008 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomriz-triax.cz/testovani-zebra/233>
- [7] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/stabilizace-podkladnich-vrstev-a-podlozi/106>

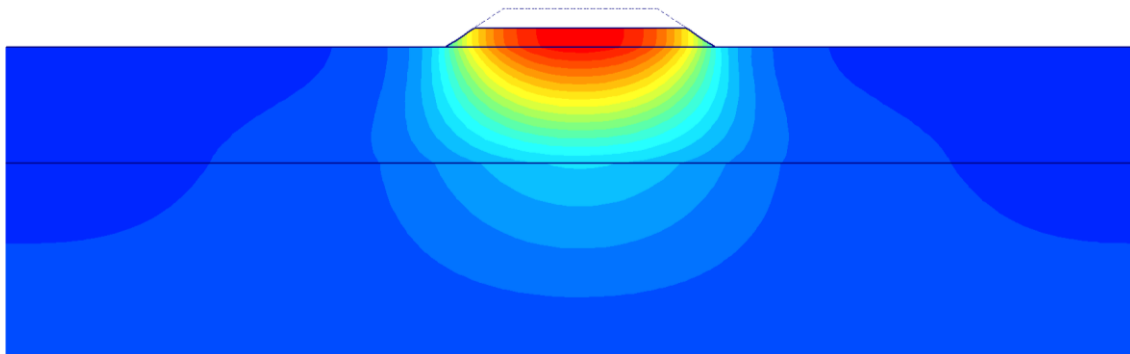
- [8] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/vyztuzovani-zakladny-nasypu/108>
- [9] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/zalozeni-haly-na-podmacenem-uzemi-pomoci-roznaseci-platformy-s-geomrizemi-tensar/141>
- [10] - Tensar. [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [http://www.tensar.cz/contents.asp?cont\\_id=959&cont\\_type=3&page\\_type=CT](http://www.tensar.cz/contents.asp?cont_id=959&cont_type=3&page_type=CT)
- [11] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/chovani-geotextilii-a-geomrizi-v-podkladnich-vrstvach/398>
- [12] - Geomat. [online]. 2000 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/html/geomail.php>
- [13] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/tensar-re/53>
- [14] - Tensar. [online]. 2012 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.tensar.cz>
- [15] - Marcador. [online]. 2011 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.marcador.cz/produkty/geobunkove-systemy/>
- [16] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/tensar-glasstex/67>
- [17] - Armatex. [online]. 2009 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [http://www.viaproz.cz/images/stories/pdf/katalog\\_armatex\\_gm\\_aplikace.pdf](http://www.viaproz.cz/images/stories/pdf/katalog_armatex_gm_aplikace.pdf)
- [18] - ASB. [online]. 2011 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrsk-stavby/geotechnika/priklady-pouziti-geosyntetik-na-inzenyrskych-stavbach-2756.html>
- [19] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/geomatex-tst/380>
- [20] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/basetex/62>
- [21] - *Typar* [online]. 2002 [cit. 2012-04-23]. ISBN Typar SF. Dostupné z: [http://www2.dupont.com/Typar/de\\_US/assets/downloads/other\\_languages/CZ/typar\\_sf\\_technical\\_handbook\\_cz.pdf](http://www2.dupont.com/Typar/de_US/assets/downloads/other_languages/CZ/typar_sf_technical_handbook_cz.pdf)
- [22] - ASB. [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [http://www.asb-portal.cz/?article\\_print=2756](http://www.asb-portal.cz/?article_print=2756)
- [23] - *Typar* [online]. 2007 [cit. 2012-04-23]. ISBN PVP Synthetic. Dostupné z: [http://www2.dupont.com/Typar/de\\_US/assets/downloads/other\\_languages/CZ/typar\\_sf\\_technical\\_handbook\\_cz.pdf](http://www2.dupont.com/Typar/de_US/assets/downloads/other_languages/CZ/typar_sf_technical_handbook_cz.pdf)
- [24] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/system-pro-zelene-svahy-tensartech-greenslope-a-zkusenosti-z-praxe/410>



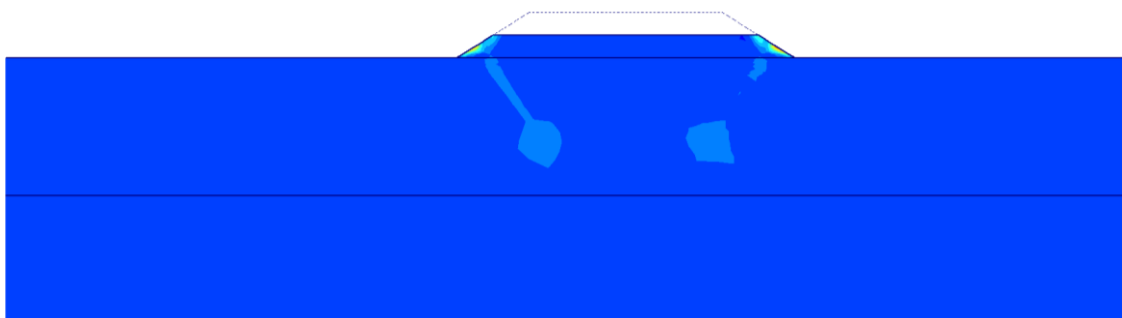
- [25] - Geomat. [online]. 2006 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.geomat.cz/prvni-realizace-systemu-tensartech-greenslope-v-cr/399>
- [26] - Plzeňsko na kole. [online]. 2010 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.plzenskonakole.cz/cz/novou-cyklostezku-ze-srni-otevrel-na-bezkach-i-s-kolem-783.htm>
- [27] - IGS [online]. 2010 [cit. 2012-04-23]. ISBN PVP Synthetic. Dostupné z: <http://www.igs.cz/igs-seminare/vyuziti-geosyntetik.pdf>
- [28] - *Způsoby založení násypu komunikace* [online]. 2003 [cit. 2012-04-23]. ISBN SVOČ FAST. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/svoc/svoc2003/prace/sekce5.pdf>. SVOČ práce. VŠB Ostrava. Vedoucí práce Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.
- [29] - Gemsoft. [online]. 2011 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.gemsoft.us/3DTunnel.htm>
- [30] - ČSN 73 6133. *Návrh a provádění zemního tělesa*. 2010.

## 7 PŘÍLOHY

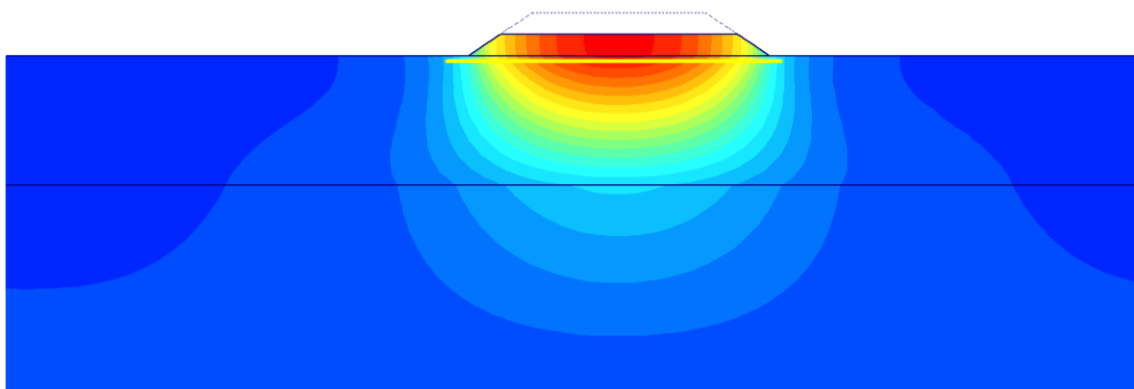
Příloha č. 1 – pokles 93,9 mm (2 m násyp, bez geomříží)



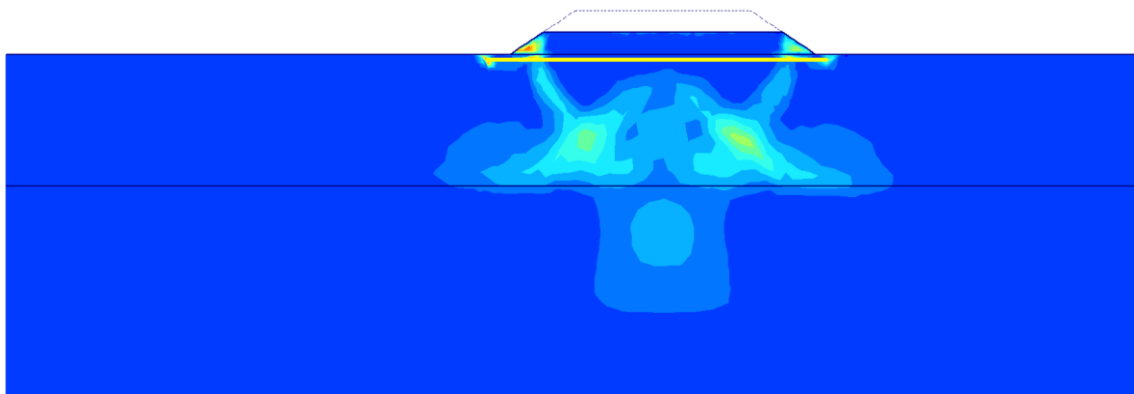
Příloha č. 2 – stabilita 1,87 (2 m násyp, bez geomříží)



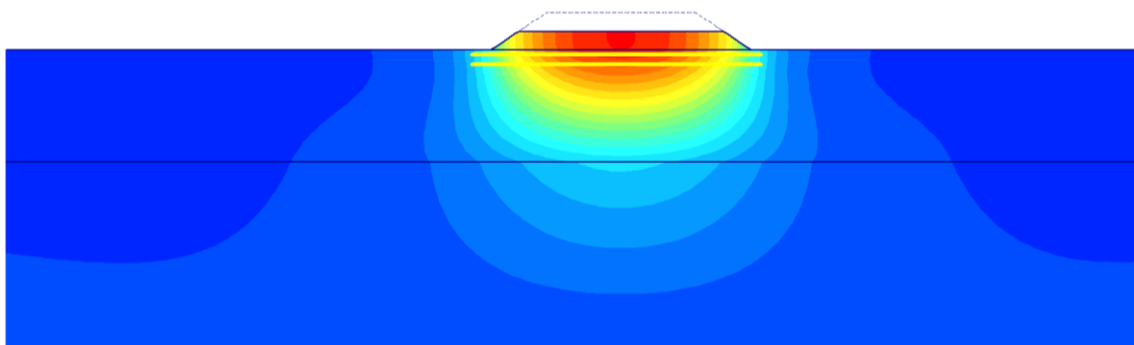
Příloha č. 3 – pokles 92,1 mm (2 m násyp, 1x geomříž v podloží)



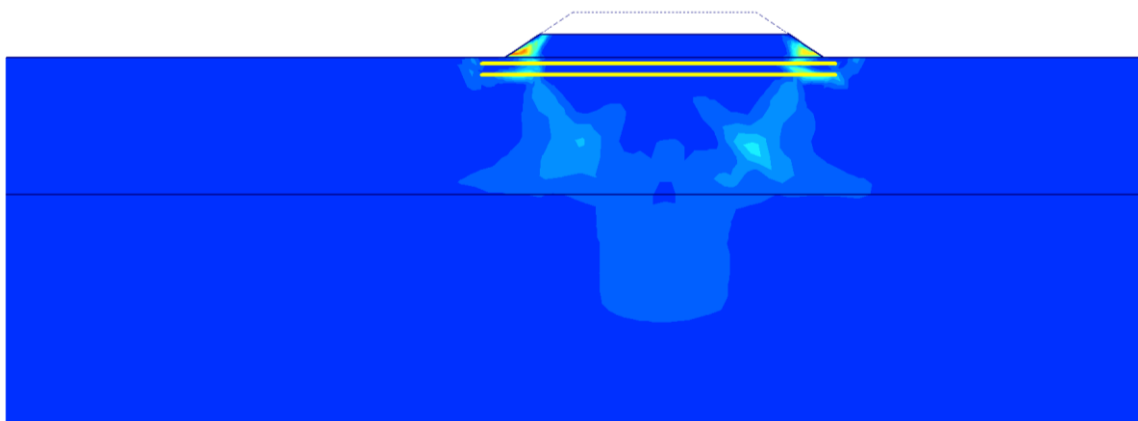
Příloha č. 4 – stabilita 1,51 (2 m násyp, 1x geomříž v podloží)



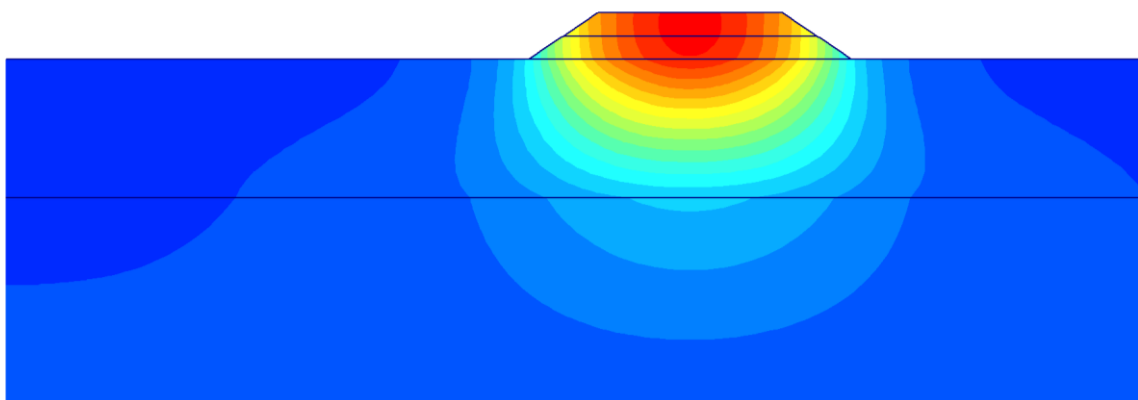
Příloha č. 5 – pokles 90,5 mm (2 m násyp, 2x geomříž v podloží)



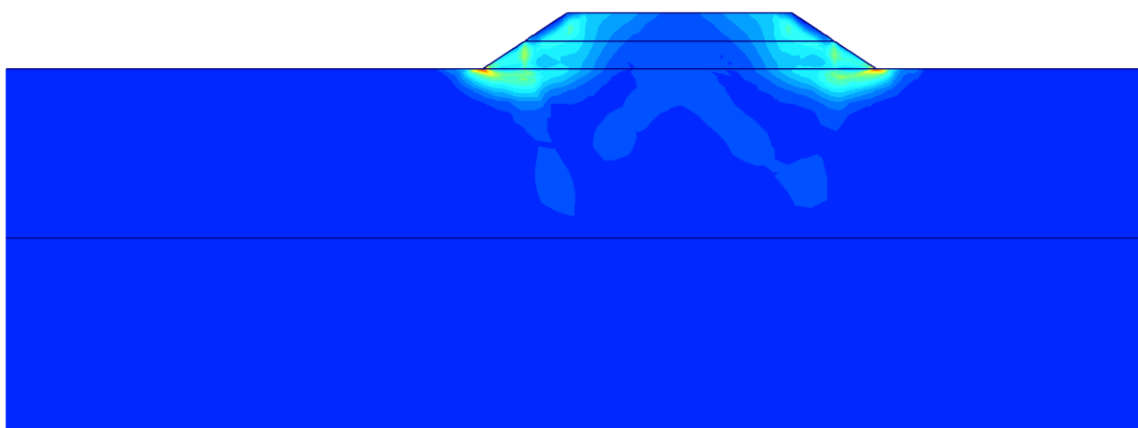
Příloha č. 6 – stabilita 2,14 (2 m násyp, 2x geomříž v podloží)



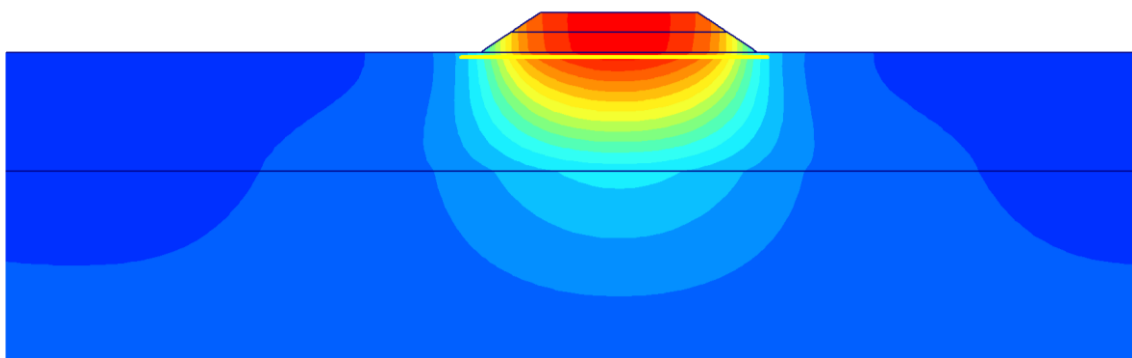
Příloha č. 7 – pokles 163,9 mm (4 m násyp, bez geomříží)



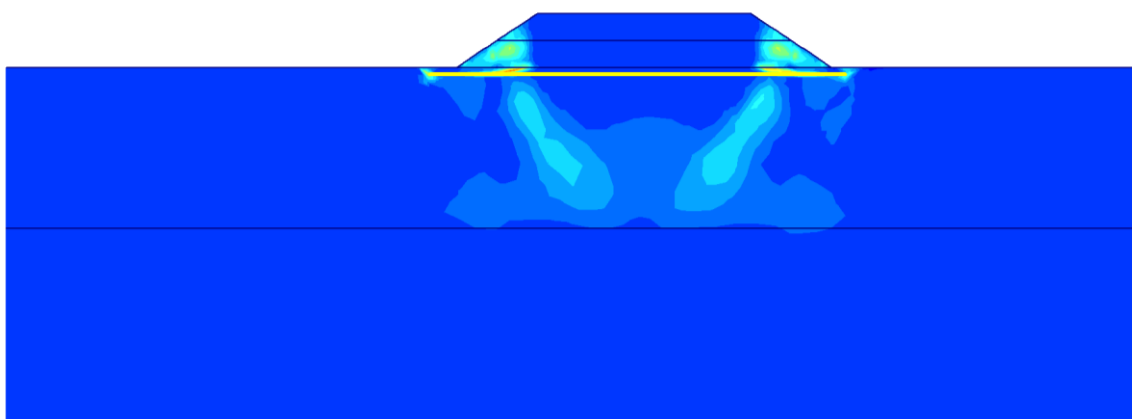
Příloha č. 8 – stabilita 1,32 (4 m násyp, bez geomříží)



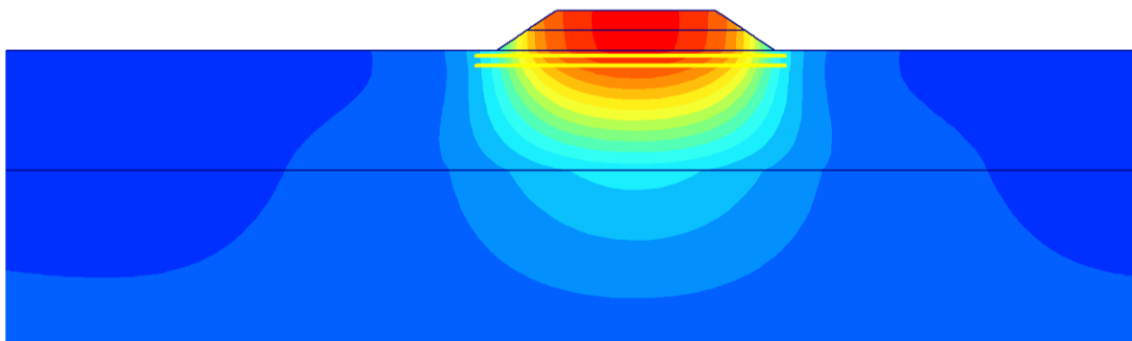
Příloha č. 9 – pokles 149,7 mm (4 m násyp, 1x geomříž v podloží)



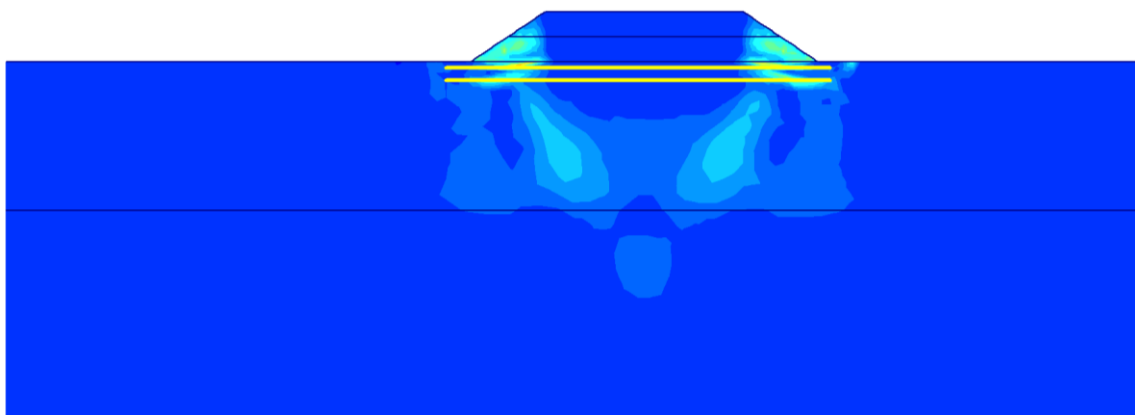
Příloha č. 10 – stabilita 1,23 (4 m násyp, 1x geomříž v podloží)



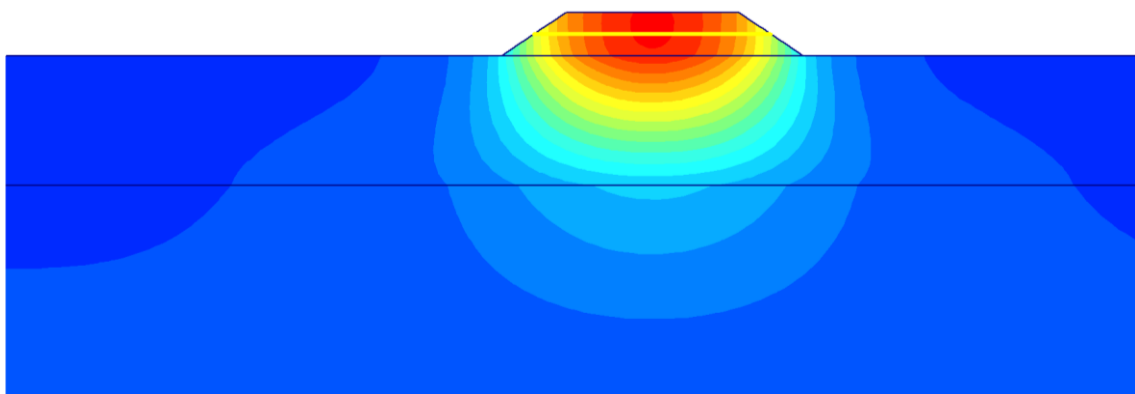
Příloha č. 11 – pokles 146,7 mm (4 m násyp, 2x geomříž v podloží)



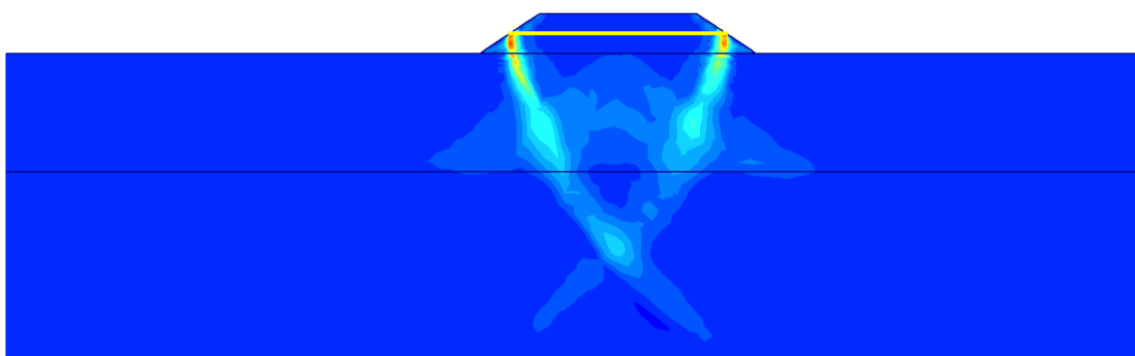
Příloha č. 12 – stabilita 1,28 (4 m násyp, 2x geomříž v podloží)



Příloha č. 13 – pokles 162,3 mm (4 m násyp s geomříží, bez geomříže v podloží)

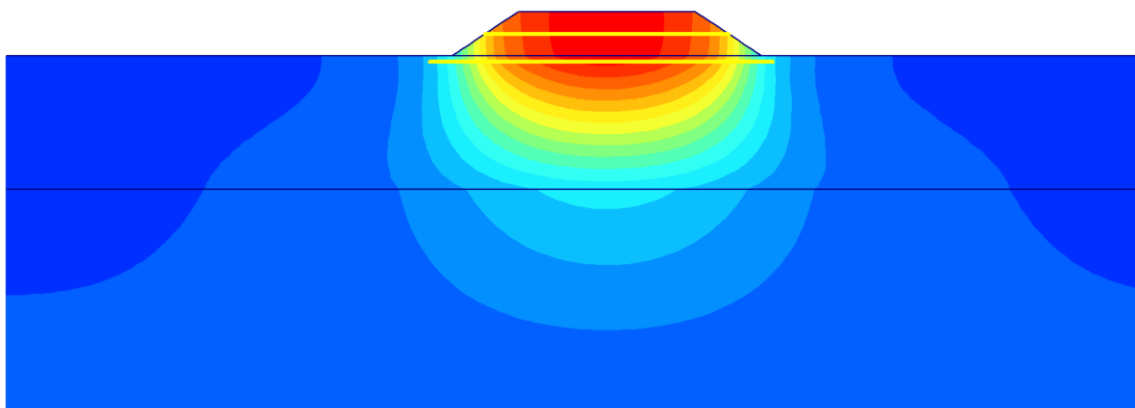


Příloha č. 14 – stabilita 1,69 (4 m násyp s geomříží, bez geomříže v podloží)

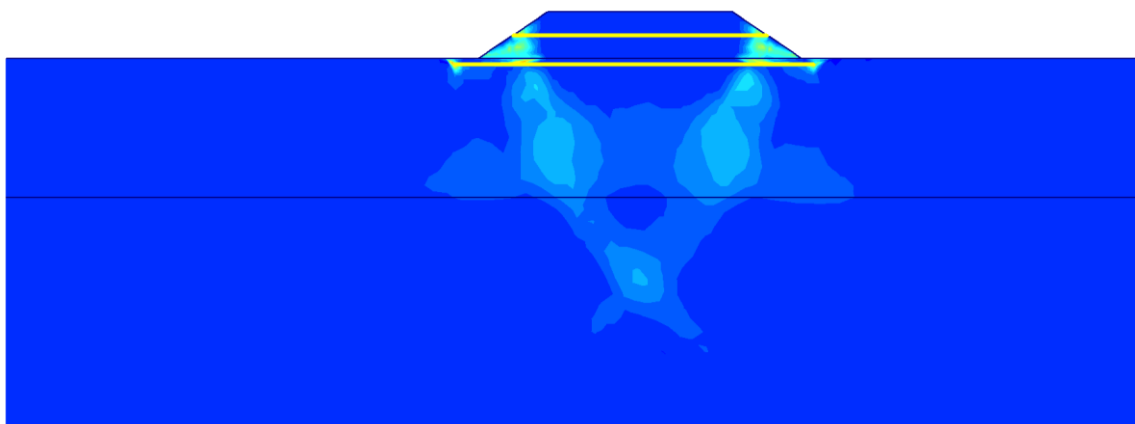




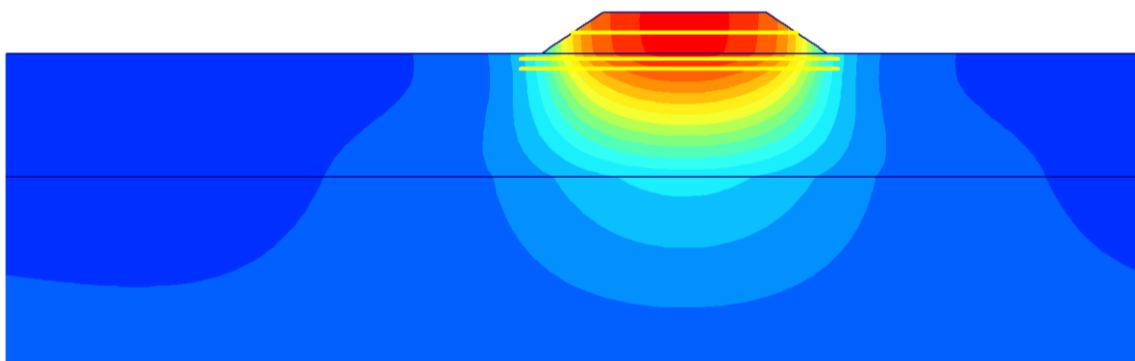
Příloha č. 15 – pokles 149,6 mm (4 m násyp s geomříží, 1x geomříž v podloží)

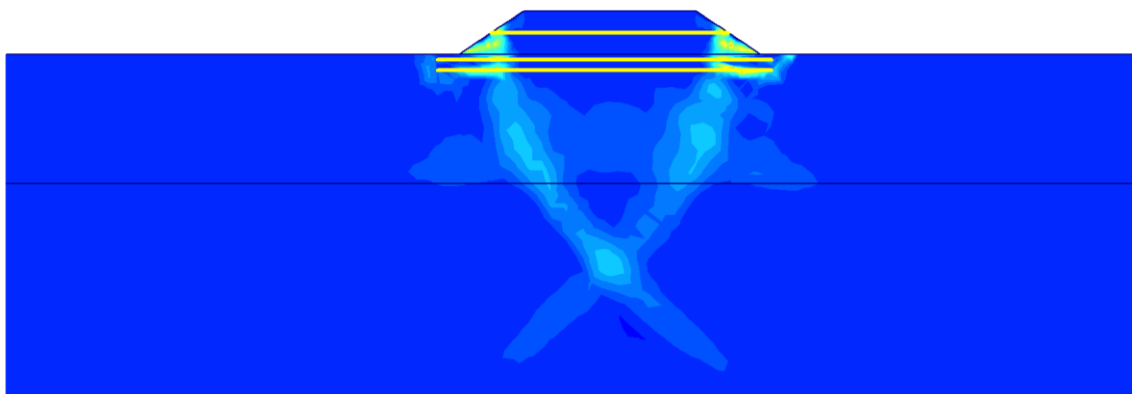


Příloha č. 16 – stabilita 1,42 (4 m násyp s geomříží, 1x geomříž v podloží)



Příloha č. 17 – pokles 146,6 mm (4 m násyp s geomříží, 2x geomříž v podloží)





### **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Denise Cihlářové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady a také doc. Dr. Ing. Hynku Lahutovi za pomoc při modelování v programu PLAXIS.